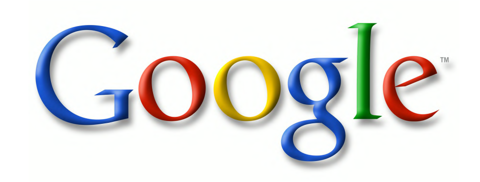



NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06274167 7

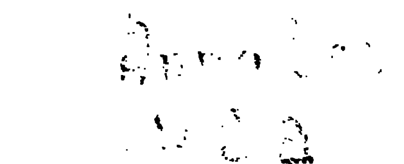


ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME XXVI.



ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

Par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO.

TOME VINGT-SIXIÈME.



A PARIS,

Chez CROCHARD, Libraire, cloître Saint-Benoît, n° 16,
près la rue des Mathurins.

1824.

DE L'IMPRIMERIE DE FEUGUERAY,
rue du Cloître Saint-Benoît, n° 4.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

RECHERCHES

Sur les Usages de la membrane du tympan et de l'oreille externe.

PAR Mr FÉLIX SAVART.

(Lu à l'Académie royale des Sciences le 29 avril 1822.)

IL n'est guère d'organe dont les fonctions aient autant excité la curiosité, et qui ait donné naissance à autant d'hypothèses que celui de l'ouïe : néanmoins il est à remarquer que, même depuis les travaux de M. Chladni, aucune de ces hypothèses n'a été basée sur des données expérimentales positives. Je me propose, dans ce travail, de rechercher, par des expériences directes sur les vibrations des membranes et des substances qui ne jouissent que d'une rigidité imparfaite, comment il se fait que les mouvemens d'un corps qui vibre dans l'air puissent se communiquer aux diverses parties de l'organe de l'ouïe qui sont directement en contact avec le fluide qui nous environne. En conséquence, je diviserai ce Mémoire en

deux Sections : *dans la première*, je parlerai de la communication des vibrations par l'air ; et *dans la seconde*, je tâcherai de faire aux usages de l'oreille externe les applications qui me paraîtront découler le plus naturellement des expériences contenues dans la première Section.

SECTION PREMIÈRE.

§ Ier. *De la Communication des vibrations par l'air.*

Depuis long-temps on sait que les agitations produites dans l'air par un corps qui résonne peuvent devenir une cause suffisante d'ébranlement pour un second corps placé même à une grande distance du premier, pourvu cependant qu'ils soient tous les deux amenés à produire exactement le même nombre de vibrations dans le même temps, ou qu'ils soient à la quinte, à l'octave, à la double octave, etc., l'un de l'autre ; en un mot, pourvu que les nombres de vibrations qu'ils exécuteraient si on les ébranlait directement, soient des multiples ou des sous-multiples l'un de l'autre. Cette expérience réussit très-bien avec des cordes ; elle réussit de même avec deux disques de métal à l'unisson, et l'on peut, en les tenant dans une direction horizontale l'un au-dessus de l'autre, obtenir, au moyen du sable, des figures très-bien dessinées sur celle des deux lames qu'on n'ébranle pas directement. Il était naturel de chercher à appliquer ces données au mécanisme de l'audition : aussi y a-t-il long-temps qu'on a avancé que la membrane du tympan jouissait, au moyen des muscles du marteau, de la propriété d'être tendue plus ou moins fortement, afin de se trou-

ver toujours à l'unisson avec les sons excités dans l'air. Mais cette hypothèse, qui, au premier coup-d'œil, paraît satisfaisante, est environnée de difficultés insurmontables. Comment, lorsqu'on entend plusieurs sons, concevoir que la tension de la membrane s'accommode à chacun d'eux en particulier? Et puis, pour qu'une corde soit ébranlée par une autre corde, il faut qu'elle soit d'avance à l'unisson avec elle; il faudrait donc (ce qui est absurde) que la membrane du tympan accommodât sa tension, non au son produit, mais au son qui va se produire. Enfin, il y a long-temps qu'on a remarqué qu'il n'existe aucun corps qui jouisse de propriétés telles qu'on puisse, sans le rompre, lui faire parcourir huit à dix octaves en faisant seulement varier sa tension. Cette hypothèse est donc inadmissible, et, comme nous l'allons voir, elle repose sur des expériences dont on a tiré une fausse conclusion; car, de ce qu'un corps fait des vibrations très-prononcées lorsqu'il est sous l'influence d'un autre corps avec lequel il se trouve à l'unisson, il ne s'ensuit pas qu'il soit dans l'impossibilité absolue de vibrer à l'occasion de tout autre son.

Les cordes étaient peut-être, de tous les corps sonores, ceux qui convenaient le moins pour faire des expériences sur la communication des vibrations par l'air; car elles présentent au fluide qui vient les frapper une surface qui a si peu d'étendue, qu'il n'est pas étonnant qu'elles ne puissent être ébranlées sensiblement par les ondulations de l'air que lorsqu'elles se trouvent placées dans les conditions les plus favorables à leur mouvement. Il faut d'ailleurs remarquer que les moyens qu'on a employés pour constater l'existence de leurs vibrations ont été

jusqu'ici très-imparfaits. Ainsi, au lieu de tenter des expériences de cette nature sur des cordes, il aurait fallu chercher à les exécuter avec des corps d'une épaisseur très-faible, et qui présentassent en même temps de très-larges surfaces à l'air qui viendrait les frapper. Les membranes tendues et préparées avec soin réunissent ces avantages au plus haut degré, et de plus on peut, par le moyen d'une couche légère de sable fin et sec qu'on répand sur l'une de leurs faces, y constater la présence des agitations les plus légères et les plus fugaces. Aussi trouve-t-on, en employant des membranes formées d'une substance à-peu-près homogène, qu'elles sont susceptibles de produire des vibrations très-prononcées, à l'occasion d'un nombre de vibrations quelconque, imprimées à un corps sonore placé à une distance plus ou moins considérable, suivant les circonstances.

En effet, si l'on prend, par exemple, une feuille mince et circulaire de papier, de 2 ou 3 décimètres de diamètre, et qu'on la tende avec soin par son contour sur un anneau, ou, mieux encore, sur le bord d'un vase, tel qu'un grand verre à pied ; qu'ensuite on dispose cet appareil si simple de manière que la membrane ait une direction horizontale, afin qu'on puisse employer du sable fin et sec pour y constater la présence du mouvement, on observe, lorsqu'on approche de cet appareil, à un ou deux décimètres de distance, par exemple, une lame de verre en vibration, que la membrane entre en mouvement, et que le sable qu'on a répandu sur sa surface supérieure y trace des figures qui sont quelquefois d'une régularité parfaite, et qui se forment souvent avec tant de promptitude que l'œil n'a pas même le temps

d'apercevoir les circonstances qui accompagnent la transformation de la couche légère de poussière en un plus ou moins grand nombre de lignes de repos.

Cette expérience réussit le plus généralement, quel que soit le corps vibrant qu'on emploie; néanmoins il est à remarquer que les lames minces de verre ou de métal qui exécutent des vibrations normales offrent plus de chances de succès que tous les autres corps, et ce succès devient non douteux si l'on choisit, parmi les modes de mouvement d'une plaque circulaire, ceux où il y a des lignes de repos concentriques, qu'elles soient ou non accompagnées de lignes nodales diamétrales. L'on sait, d'après les expériences de M. Chladni, que, pour obtenir cette espèce de division, il faut rendre immobiles plusieurs points de la surface de la lame, ou au moins deux points du contour et un point de la surface : c'est de cette dernière façon que je fais l'expérience : je rends d'abord immobiles deux points diamétralement opposés de la circonférence de la plaque, en la saisissant entre le doigt du milieu et le pouce; puis je pose légèrement le bout de l'index sur l'un des points de la surface par lesquels doit passer la ligne nodale circulaire, c'est-à-dire, à la distance du cinquième environ de la circonférence au centre : par ce procédé on obtient facilement une ligne nodale diamétrale accompagnée d'une ligne concentrique. En employant successivement des lames circulaires dont les dimensions soient différentes, et qui rendent par conséquent des sons divers, il est facile de constater que, pour chaque nombre de vibrations, la membrane affecte un mode particulier de division. Lorsque les deux corps sont présentés l'un à l'autre de manière que leurs faces

soient parallèles, la membrane exécute des vibrations normales ; le sable qui la recouvre est lancé quelquefois à une grande hauteur ; et en faisant usage d'un appareil qui permette d'examiner ce qui se passe sur les deux faces de la membrane, on reconnaît que la distribution des lignes nodales y est la même. Le caractère général de ces lignes est d'être circulaire, et leur nombre est quelquefois très-considérable : cependant on observe souvent que ces premières lignes sont coupées par des diamétrales qui forment des étoiles, dont le nombre des pointes est d'autant plus grand que le son est plus aigu : il n'est pas rare non plus d'obtenir des figures composées seulement de lignes diamétrales. Mais on ne peut arriver à une régularité et à une symétrie parfaites, qu'en employant beaucoup de précautions pour que la membrane soit uniformément tendue, et qu'elle soit bien égale d'épaisseur : cette dernière condition est toujours assez bien remplie quand on fait usage de papier, surtout de celui qui est très-fin, par exemple, du papier connu sous le nom de *papier végétal*, car cette substance est une des plus homogènes qu'on puisse employer, comme les expériences mêmes d'acoustique le prouvent.

J'ai représenté dans les planches quelques-unes des figures les plus belles qu'on obtient par ce genre d'ébranlement à distance. (*Voyez* les figures 1—13.) Quand la membrane est mal tendue, il arrive souvent que les lignes tracées par le sable sont très-nombreuses, et qu'elles forment comme des espèces de chaînons arrangés régulièrement, et qui paraissent être le résultat de lignes concentriques coupées par un grand nombre de lignes diamétrales. (*Voyez* fig. 14.)

Ainsi cette expérience fait voir que dans le cas du parallélisme d'une lame et d'une membrane, le mouvement se communique par l'air, comme il le ferait si les deux corps étaient séparés par une tige commune perpendiculaire à leurs faces ; car les nombres des vibrations sont les mêmes dans les deux corps, puisque pour chaque son produit la membrane affecte un mode particulier de division ; et la direction du mouvement y est aussi la même, puisqu'il est normal dans le disque et dans la membrane. Maintenant je suppose qu'on donne au disque une direction telle que l'un de ses diamètres soit vertical, de manière qu'étant prolongé ce diamètre vienne passer par le centre même de la membrane : alors on observe que la direction des vibrations de ce dernier corps ne se fait plus normalement à ses faces ; les grains de sable qui le recouvrent sont animés d'un mouvement tangentiel, et ils vont former un système de lignes de repos qui ont, en général, pour caractère d'être parallèles entre elles : l'une de ces lignes passe toujours par le centre de la membrane, et elle est contenue dans le plan qui passerait par les faces mêmes du disque : ainsi, si ces faces sont dirigées du nord au sud, par exemple, la ligne du centre a la même direction ; mais si l'on venait à donner au disque une direction qui serait de l'est à l'ouest, alors la ligne du centre prendrait la même direction, et ainsi de suite ; et comme elle est toujours à-peu-près parallèle aux autres lignes que présente la membrane, tout le système se modifierait, et la direction du mouvement changerait continuellement avec la direction de la lame vibrante. Ce résultat est en tout semblable à celui que l'on peut obtenir en faisant passer une corde

par le centre d'une plaque circulaire, de telle sorte que l'axe de la corde soit perpendiculaire aux faces de la lame; car l'expérience fait voir que, dans ce cas, si l'on ébranle la corde avec un archet, la plaque exécute des vibrations tangentielles dont la direction est toujours la même que celle du plan dans lequel on promène l'archet, ou plus exactement, dans lequel se font les oscillations de la corde. On peut obtenir encore un résultat analogue en substituant un petit cylindre de verre ou de métal à la corde, ou bien en faisant passer à travers une membrane un petit cylindre de verre qui lui soit perpendiculaire, ainsi que je l'ai fait voir dans le dernier Mémoire que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie.

Au lieu de tenir le disque dans une direction perpendiculaire à celle de la membrane, si on l'incline un peu, on voit que la figure que le sable avait d'abord tracée se modifie aussitôt; lorsqu'on augmente encore l'inclinaison, la figure change de nouveau; et enfin quand la lame vibrante devient parallèle à la membrane, le mouvement redevient normal : ainsi pour chaque degré d'inclinaison du disque, les phénomènes qu'on obtient sont différens, et les lignes que tracent les grains de sable se modifient continuellement quoique le nombre des vibrations demeure le même. J'ai fait voir qu'on obtenait des résultats analogues avec des corps solides intimement unis entre eux, et qu'il fallait en conclure que la direction du mouvement vibratoire des molécules du corps ébranlé secondairement était susceptible de varier à l'infini comme celle du corps primitivement ébranlé; de sorte que la communication du mouvement par l'air semble, quant à la direction et à la conservation du nom-

bre primitif de vibrations, se faire de la même manière que celle qui a lieu par des corps solides : cela paraît vrai au moins pour les petites distances.

L'expérience réussit également bien lorsqu'au lieu d'approcher le disque au-dessus de la membrane, on l'en éloigne latéralement à quelques décimètres de distance. Quant à la distance même où le phénomène cesse d'être sensible, elle varie avec l'épaisseur et la tension de la membrane qu'on emploie. Quand l'épaisseur est très-faible, le mouvement se communique à plusieurs mètres du corps primitivment ébranlé.

On observe quelquefois, lorsqu'on obtient des figures composées de lignes circulaires concentriques, qu'entre deux de ces lignes le sable en forme une troisième également concentrique aux précédentes, mais dont la formation s'accompagne d'une circonstance très-singulière : c'est que ce sont les parties les plus fines du sable qui viennent la tracer, de sorte qu'il faut souvent, pour l'apercevoir, la regarder de très-près. Il est très à présumer que cette ligne appartient à un mode de mouvement plus élevé que celui qu'on produit, et qui coexiste avec le mouvement principal : ce qui semble le prouver, c'est que ce sont les particules les plus fines du sable, et par conséquent celles qui sont le plus susceptibles d'adhérer à la surface de la membrane, qui viennent tracer la ligne dont il s'agit. En effet, il doit résulter de la plus grande difficulté que cette poussière présente à être déplacée, que dans l'endroit où elle s'accumule, la membrane peut être le siége d'un mouvement de transport, sans que pour cela les plus petits grains de sable cessent d'indiquer la ligne qui appartient au mode de mouve-

nombre de vibrations, de couvrir les feuilles de papier qui les forment d'une couche légère de vernis à la gomme laque. L'experience fait voir qu'elles reproduisent alors les mêmes figures pendant fort long-temps, surtout lorsqu'elles sont montées sur des vases, et qu'elles ne communiquent avec l'air extérieur que par l'une de leurs faces. Une membrane ainsi tendue est également susceptible d'être facilement influencée par de très-petits changemens de température; il suffit d'en approcher la main à 3 ou 4 décimètres de distance pour que les figures tracées par le sable se modifient, dans le cas néanmoins où la substance qui la forme est excessivement mince.

Au lieu d'employer un corps solide en vibration pour communiquer le mouvement à l'air, l'on peut encore employer l'air lui-même oscillant dans des tubes, et les résultats seront les mêmes. Par exemple, si l'on prend un tuyau d'orgue, et qu'on l'approche à quelque distance d'une membrane mince et tendue, on observe qu'elle entre aussitôt en vibration, et cela quand la couche d'air interposée a même plusieurs décimètres d'épaisseur. En agissant sur des membranes très-minces et d'un diamètre peu considérable, on peut rendre le phénomène sensible à plusieurs mètres de distance. Si l'on fait varier le ton du tuyau; par exemple, si l'on joue avec un mouvement très-lent un air de flûte, à un ou deux décimètres de distance de la membrane, on voit le sable dont on la recouvre s'agiter et tracer des lignes dont l'ensemble varie sans cesse avec le son produit. Mais, ce qui paraît plus étonnant, la voix produit un effet analogue extrêmement prononcé, même sous l'influence d'un son qui n'est ni fort ni soutenu. En un mot, par quel-

que procédé que l'air soit ébranlé, il peut communiquer à des membranes minces le mouvement qu'il a reçu, et cela sans aucune altération ; c'est ainsi qu'on peut produire le phénomène avec la plus grande facilité, au moyen d'une cloche d'harmonica, au moyen d'une trompette, d'un sifflet, etc. Les cordes paraissent être de tous les corps ceux qui excitent dans l'air les mouvemens les moins intenses ; car en jouant d'un instrument à cordes très-près d'une membrane, on observe qu'il n'y a que certains sons qui puissent donner naissance à des figures régulières, quoique cependant ils excitent tous des agitations parmi les grains de sable : aussi est-il bien connu que les lames de verre, que les vases de même substance, que l'air vibrant dans des tubes, etc., ébranlent bien plus fortement l'organe de l'ouïe que ne peuvent le faire les cordes, même celles qui sont montées sur les meilleurs instrumens.

Ces diverses expériences réussissent également bien, et présentent exactement les mêmes résultats quand les membranes, au lieu d'être sèches, sont mouillées ou même imbibées d'une substance huileuse. C'est ce qu'on peut vérifier en fixant une feuille mince de papier sur l'orifice d'un vase fermé de toute part, et dans lequel on aura préalablement introduit une quantité d'eau plus grande que celle qui est nécessaire pour saturer de vapeurs, à la température où l'on opère, l'espace qui est déterminé par l'étendue du vase ; l'on a ainsi une membrane qui est légèrement imbibée d'eau : on peut même en vernir la face externe, ce qui apportera une grande différence dans l'état des deux surfaces : rien de tout cela n'influera sur le phénomène principal, qui est qu'un son

quelconque produit dans l'air pourra ébranler une pareille membrane comme si elle était sèche. Seulement on observe que les modes de division qui s'accompagnent de lignes circulaires se produisent alors avec une facilité et une netteté surprenantes ; ce qui tient sans doute à ce que les espèces de petites fibres dont est formé le papier, étant rendues indépendantes l'une de l'autre par la vapeur qui les pénètre et qui dissout la colle qui les lie, elles forment un tout dont les particules n'ont plus de rapport entre elles que par une attraction qui est alors très-faible pour toutes, et qu'on peut regarder comme uniforme relativement à la force qu'on emploie pour mettre la membrane en mouvement. Une feuille de papier ainsi tendue, mouillée sur une de ses faces et vernie sur l'autre, m'a paru être de tous les corps que j'ai examinés jusqu'à présent celui qui approchait le plus des conditions de l'homogénéité : par exemple, sur une membrane de cette espèce qui avait environ trois décimètres de diamètre, j'ai obtenu jusqu'à dix-huit ou vingt lignes circulaires qui paraissaient exactement concentriques : ce qu'on ne pourrait jamais obtenir avec des lames minces formées de substances qui semblent le plus homogènes, telles que le verre et les métaux.

Pour examiner des membranes enduites d'une substance grasse, on peut prendre de la baudruche qu'on tend d'abord et qu'on imbibe ensuite avec de l'huile ; mais comme il n'est plus possible d'en étudier les mouvemens avec du sable, il faut recourir à un autre procédé. Rien n'est plus simple que d'employer l'huile elle-même comme indicateur : pour cela on en verse une cou-

che sur la membrane : alors on observe que sous l'influence de sons différens, ce liquide, poussé par la membrane, forme des rides dont l'aspect varie continuellement, leur nombre étant d'autant plus grand que le son est plus aigu.

Je crois qu'il ne sera pas déplacé d'indiquer ici un procédé très-simple à l'aide duquel on peut, avec un peu d'adresse, apprécier de très-petites différences dans l'intensité du son : ce procédé consiste à prendre une feuille très-mince de papier végétal ou de baudruche, bien égal d'épaisseur, et à la tendre sur le bord d'un vase, tel qu'un grand verre à pied, de huit à dix centimètres de diamètre : on a ainsi un corps susceptible d'entrer en vibration par l'action à distance d'un corps sonore ; mais l'espace dans lequel cette action peut se faire sentir de manière à faire mouvoir des grains de sable placés sur la membrane, est plus ou moins étendu selon l'intensité du son produit : il y a donc pour chaque son une limite au-delà de laquelle le sable demeure en repos. Il est toujours facile de trouver à très-peu près cet endroit passé lequel on n'observe plus de mouvement. Je suppose qu'on l'ait trouvé, et que de plus, pour éviter toutes les causes d'erreur, on recule la membrane, même un peu au-delà, si l'on produit un son un peu plus intense que celui qu'on avait d'abord excité, aussitôt les grains de sable seront agités, et cela pour une augmentation de force que l'oreille ne serait pas dans le cas d'apprécier. Ainsi ce moyen pourra être employé avec beaucoup de succès pour tenir compte des divers degrés d'intensité du son ; car l'expérience fait voir qu'il est très-sensible : il faudra seulement avoir soin de choisir un endroit calme pour faire les expé-

riences ; et de crainte que la tension de la membrane ne change par l'action variable de l'humidité de l'air, il faudra la recouvrir d'une couche légère de vernis. Pour citer un exemple de l'application que l'on peut faire de ce procédé, je suppose qu'on ait deux disques à l'unisson, et que l'oreille soit inhabile à juger de la différence d'intensité qui peut exister entre les deux sons produits ; pour reconnaître cette différence, il suffira de disposer les deux corps à une égale distance du vase qui porte la membrane, de les faire résonner séparément, et ensuite de voir, en les reculant, les distances où chacun d'eux cesse d'ébranler la membrane.

Une membrane ainsi tendue peut également servir pour constater le renforcement du son lors des coïncidences des vibrations de deux sons donnés par des nombres de vibrations peu distans l'un de l'autre : pour cela il faut la placer assez loin de l'endroit où sont produits ces sons pour qu'ils ne soient plus susceptibles d'agir chacun en particulier sur la membrane ; on remarque alors que quand on entend les battemens, le sable est vivement agité.

§ II. Les corps qui ne sont pas rigides par eux-mêmes, et qu'on ne rend pas rigides par tension, par exemple, la peau, un tissu de soie, du papier, etc., sont, de même que s'ils étaient tendus, susceptibles d'entrer en vibration sous l'influence, à distance, d'un corps vibrant ; et il semble même, dans quelques circonstances, qu'ils soient plus sensibles encore à ce genre d'action que la plupart des membranes élastiques.

Pour constater ce fait, il suffit de prendre quelques-unes des substances que nous venons de citer, et de les

mettre dans une position telle qu'une portion de leur étendue ait une direction à-peu-près horizontale et qu'elle soit isolée : alors, si on la recouvre de sable et qu'on en approche, à quelques décimètres de distance, un disque en vibration ou un tuyau d'orgue, on observe que le sable y est agité d'un mouvement très-vif, et que souvent il s'arrange pour former des figures en général composées de lignes courbes, sinueuses, très-multipliées et comme entrelacées les unes dans les autres. Ces figures, comme on pouvait le prévoir, changent et se modifient à l'infini, selon que le nombre des vibrations du corps sonore, ébranlé directement est plus ou moins considérable, et selon que la partie du corps sur laquelle on a répandu le sable est plus ou moins étendue, et qu'elle approche plus ou moins d'être plane. Ainsi les substances de cette espèce sont non-seulement susceptibles de produire des vibrations, mais de plus, le nombre de ces vibrations demeure constamment dans un rapport déterminé avec celui du corps directement ébranlé, et cela quelle que soit la direction des faces de la lame qui communique le mouvement relativement aux faces de ces substances; car la nature du mouvement qu'elles exécutent varie avec cette direction.

D'après ces expériences, il paraît donc que la communication du mouvement par l'air se fait de la même manière que celle qui a lieu par les corps solides; et en effet, on ne voit pas pourquoi il en serait autrement; car, puisque tous les corps qui vibrent sont le siége d'un mouvement moléculaire, et que c'est d'abord par des oscillations imprimées partiellement à quelques-unes des molécules que le mouvement se propage à

toute la masse, il est naturel qu'un corps quelconque placé dans le voisinage d'un autre corps en vibration soit mis en mouvement par lui, au moyen des petites agitations imprimées à l'air; quoique le plus ordinairement il doive arriver que ce mouvement ne puisse pas être reconnu par les moyens grossiers que l'on emploie.

Il suit donc de là qu'il n'est pas nécessaire, pour qu'un corps solide et rigide entre en vibration par influence à travers l'air, qu'il soit susceptible de produire un nombre de vibrations égal à celui du corps directement ébranlé, et que cette circonstance doit être considérée seulement comme favorisant la production du phénomène : c'est aussi ce qui arrive, et ce dont on peut se convaincre facilement sur toutes les substances solides en les réduisant en lames minces. A mesure qu'on les amincit davantage, on observe qu'elles sont susceptibles de vibrer sensiblement par influence, d'abord avec un certain nombre de sons, et ensuite avec tous les sons possibles : par exemple, une lame de bois, d'un millimètre d'épaisseur et d'un décimètre de diamètre environ, devient, par l'action d'un disque vibrant placé à quelques centimètres de distance, le siége d'un mouvement assez prononcé pour agiter les grains de sable dont on la recouvre, et pour leur faire produire des figures régulières, quel que soit le nombre des vibrations du disque. L'on peut en dire autant des substances métalliques lorsqu'elles sont amenées à une épaisseur très-faible; par exemple, les lames de cuivre laminé, connues sous le nom de *clinquant*, entrent en mouvement à plusieurs décimètres de distance sous l'influence d'un disque de verre, et il est facile de constater

que la direction de ce mouvement varie quand on change les rapports de position qui existent entre cette lame et les faces du disque. Il semble donc qu'on soit en droit de conclure de là que si des corps beaucoup plus épais que ceux dont nous venons de parler ne présentent pas, dans les mêmes circonstances, des mouvemens appréciables par les moyens d'expérience connus, ce n'est pas que ces mouvemens n'existent pas; mais c'est que les oscillations moléculaires se faisant alors dans des corps dont les dimensions sont très-considérables, il est impossible qu'il s'y produise des mouvemens alternatifs de transport ou de flexion analogues à ceux qu'on observe dans les substances réduites en lames peu épaisses. Cette manière de voir, appuyée sur les faits, se trouve encore confirmée par la propagation des vibrations par les matières solides, lorsque le son a d'abord été excité dans l'air : il faut bien admettre que ces substances solides sont *alors le siége* d'un petit mouvement vibratoire, et que de plus le nombre de ces oscillations, dans un temps donné, demeure le même que celui du corps primitivement ébranlé, puisque le degré d'acuité ou de gravité du son reste le même après son passage à travers les substances solides, comme l'expérience journalière le prouve, et comme on peut en acquérir la preuve incontestable en suspendant dans un ballon de verre exactement fermé une petite clochette qu'on puisse facilement mettre en jeu : il est connu de tous les physiciens que, quoique le son ait alors à traverser des matières solides, il arrive néanmoins au dehors sans avoir subi d'altération, au moins quant à son degré d'acuité ou de gravité.

DEUXIÈME SECTION.

Des Usages de la membrane du tympan, et de ceux de l'oreille externe.

§ I. Maintenant, si de ces faits, qu'on peut reproduire et varier à l'infini, l'on s'élève à la considération des usages de quelques-unes des parties qui concourent, dans les animaux, à la perception du son, il semble que la membrane du tympan peut, à juste titre, être comparée à une membrane ordinaire qui partage toujours le nombre des vibrations du corps qui agit sur elle par influence, au moyen de l'air; et que le pavillon de l'oreille, dans les animaux qui en sont pourvus, peut être assimilé à un corps d'une rigidité imparfaite, mais néanmoins susceptible d'entrer en mouvement sous l'influence d'un corps en vibration.

En effet, cette induction semble se transformer en certitude lorsqu'on soumet une membrane même du tympan au genre d'expérience que nous venons de décrire : pour cela, après avoir enlevé l'os temporal, il faut y faire avec la scie une section parallèle à la face externe de la membrane, de manière qu'elle soit bien à découvert et qu'on puisse la recouvrir de sable, lorsque toutefois le contact de l'air l'aura assez desséchée pour qu'on n'ait pas à craindre que le sable dont on doit la recouvrir y adhère : on observe alors que les grains de sable sont le siége d'un léger mouvement lorsqu'on approche un disque en vibrations parallèlement à la membrane et très-près de sa surface; mais il est impossible, vu son peu d'étendue et surtout à cause de sa forme, d'y constater l'existence d'aucune ligne nodale.

Si l'on ouvre ensuite la caisse du tambour, de manière que les osselets de l'ouïe et les muscles qui s'y attachent soient à découvert, l'on observe que quand le muscle interne du marteau agit, et, par conséquent, que quand la membrane est tendue, il est bien plus difficile de produire des mouvemens prononcés dans les grains de sable; de sorte qu'on serait induit à penser que les usages de ce petit muscle consistent, comme ceux de l'iris, à préserver l'organe des impressions trop fortes qu'il pourrait recevoir dans certaines circonstances. Comme il est possible d'imiter, à l'aide d'expériences, grossières sans doute, le mécanisme par lequel la membrane du tympan peut être plus ou moins tendue, l'on peut constater par là directement les effets qui doivent résulter des variations de tension : pour cela, il suffit de former, avec du carton, un tuyau conique (*voyez* fig. 29), dont le sommet soit tronqué et muni d'une petite membrane *M*, qu'on peut tendre à volonté au moyen d'un petit levier coudé *Ll*, qui traverse la paroi du tuyau, où il trouve son point d'appui en *C*, et dont l'une des extrémités va toucher le centre de la face interne de la membrane; tandis que l'autre extrémité, placée hors du tuyau, peut être abaissée ou élevée, selon qu'on desire que la membrane soit livrée à sa propre tension, ou que cette tension croisse graduellement. Ce levier doit être considéré comme produisant un effet analogue à celui que produit le manche du marteau, lorsque les muscles qui s'insèrent à ce petit os agissent sur lui. Eh bien! si l'on recouvre avec du sable la petite lame qui tient lieu de la membrane du tympan, l'on observe qu'il devient d'autant plus difficile d'y exciter, par l'influence d'un corps

sonore, des mouvemens appréciables, qu'elle se trouve plus tendue; et qu'au contraire, quand on l'abandonne à elle-même, ses mouvemens deviennent tellement forts que les grains de sable peuvent être lancés à trois ou quatre centimètres de hauteur, même quand elle n'aurait qu'un centimètre de diamètre.

Il est encore plus facile de constater l'existence des mouvemens produits par influence dans la membrane du tympan de certains animaux, que dans celle de l'homme : par exemple, si l'on ouvre la caisse du tambour dans une oreille de veau, de manière à avoir la face interne de la membrane à nu, et qu'on saisisse justement l'instant où le contact de l'air l'a assez desséchée pour que les grains de sable n'y adhèrent point, on peut voir que, par l'action d'un corps vibrant quelconque, elle devient le siége de petits mouvemens très-vifs qui lancent le sable à plus d'une ligne de hauteur; et que l'énergie de ces mouvemens diminue à mesure que la membrane se tend davantage en se desséchant.

La membrane du tympan peut donc être considérée comme un corps ébranlé par l'air, et exécutant toujours un nombre de vibrations égal à celui du corps qui a produit des oscillations dans l'air; mais de plus, comme l'expérience fait voir que la direction des vibrations moléculaires des membranes, et en général de tous les corps, varie continuellement avec la direction des vibrations du corps directement ébranlé (sans que pour cela les nombres de ces vibrations soient changés, quoiqu'il se produise un mode de division particulier pour chaque direction du mouvement), il est très à présumer que c'est par ce moyen que nous pouvons juger de la direc-

tion du son, lorsqu'il nous arrive sans avoir été réfléchi.

Maintenant, si nous considérons la membrane du tympan, non plus isolément, comme nous venons de le faire, mais dans ses rapports avec le conduit auditif, la conque et le pavillon de l'oreille, l'analyse expérimentale que l'on peut faire des usages de ces diverses parties d'un même système d'organes fait voir que si elles servent à rendre plus intenses les oscillations des molécules aériennes, elles ont encore un autre usage bien plus facile à constater : c'est celui de partager les vibrations de l'air, et de les transmettre à la membrane du tympan avec le même degré de force, quelle que soit leur direction. C'est au moins ce qui paraît résulter de l'expérience suivante, qui consiste à former avec une feuille mince de carton un tuyau conique très-évasé, dont la plus petite ouverture porte une membrane mince et tendue qui y soit intimement unie : on donne à ce tuyau une direction telle que sa base soit tournée en bas, et que la membrane ait une direction horizontale pour qu'on puisse la recouvrir de sable. Si l'on approche parallèlement à la face supérieure et externe de cette membrane un disque vibrant, on observe qu'elle entre en mouvement et qu'elle lance les grains de sable à une très-petite distance. Si ensuite on va placer le disque près de l'orifice évasé du tuyau, on remarque que la membrane devient le siége de mouvemens si fortement prononcés, que le sable est alors lancé à une hauteur qui surpasse souvent 3 ou 4 centimètres ; de sorte qu'il y a une différence non douteuse dans la manière d'agir des ondes sonores excitées dans l'air, selon qu'elles arri-

vent sur la face externe de la membrane ou sur sa face qui est tournée vers l'intérieur du tuyau, quoique, dans les deux cas, on puisse faire en sorte que le disque demeure parallèle à la membrane et en soit toujours à une égale distance. Ce phénomène pourrait dépendre de deux causes, de la concentration des ondes aériennes par le tuyau, et de la communication du mouvement à ses parois mêmes. Pour isoler ces deux actions autant que possible, il faut disposer au-dessus de la membrane un second tuyau conique opposé par le sommet au précédent, mais de manière qu'il ne touche pas la membrane, et ensuite faire vibrer le disque à l'orifice évasé de chacun des deux tuyaux : on observe que les mouvemens communiqués sont incomparablement plus énergiques quand les ondes aériennes arrivent par le tuyau qui est en contact immédiat avec la membrane, que quand elles arrivent par celui qui ne la touche pas. De sorte que si le pavillon de l'oreille et le conduit auditif agissent en modifiant les mouvemens des particules de l'air, il est probable, d'après cela, qu'ils ont aussi pour fonction, bien plus facile à constater, de présenter une large surface aux ondulations aériennes, par conséquent d'entrer en vibration sous leur influence, et par là de contribuer à augmenter les excursions des parties vibrantes de la membrane avec laquelle ils se trouvent en contact immédiat.

En effet, quand on considère la forme aplatie du pavillon de l'oreille dans l'homme, il n'est guère possible de concevoir comment il pourrait avoir pour principal usage de concentrer les ondes sonores vers un même point; tandis que, si l'on se rappelle que plusieurs

petits muscles viennent s'y insérer, et peuvent par leur action contribuer à le tendre et à le rendre plus élastique, il ne paraît pas douteux qu'il est disposé comme un auxiliaire important de la membrane du tympan, et qu'il a pour fonction principale de présenter toujours à l'air, par la variété de direction et d'inclinaison de ses surfaces les unes sur les autres, un certain nombre de parties, dont la direction est normale à celle du mouvement moléculaire imprimé à ce fluide. Cette assertion, qui pourrait paraître hasardée, acquiert néanmoins un grand degré de probabilité par une expérience fort simple qu'on peut faire avec une feuille mince et rectangulaire de carton, d'environ 3 décimètres de longueur sur 15 centimètres de largeur, de manière que, en la pliant en deux, elle forme comme deux lames carrées mobiles, sur une charnière : l'une de ces lames est percée d'un trou circulaire pour recevoir une membrane très-mince, de 2 ou 3 *centimètres* de diamètre : lorsque les deux lames passent par un même plan horizontal, si l'on approche de la membrane, et parallèlement à ses faces, un disque en vibration, elle entre en mouvement. Après avoir remarqué avec quel degré de force les grains de sable qu'on y a répandus sont entraînés à se mouvoir, si l'on approche le corps en vibration dans une direction telle que ses faces soient perpendiculaires au plan qui, étant prolongé, passerait par les faces de la membrane, on observe alors que le mouvement communiqué est beaucoup plus faible que dans le cas du parallélisme. Pour lui rendre toute sa force, il n'y a qu'à faire en sorte, en pliant la lame de carton, qu'une moitié de son étendue redevienne parallèle aux faces du corps qui com-

rence, et même au-delà, on pourra voir, en approchant de cet appareil un corps en vibration, que la membrane produit des figures très-régulières, mais qui sont modifiées par la présence de la petite verge; et ce qu'il est important de remarquer, c'est que les vibrations de la membrane deviennent pour la verge une cause d'ébranlement assez énergique pour la faire osciller avec beaucoup de force, et lui faire produire à elle-même des figures très-régulières, comme si on l'eût ébranlée avec un archet, et cela quand même elle aurait des dimensions assez considérables. Par exemple, dans une des expériences que j'ai faites, une membrane de 2 décimètres de diamètre mettait en vibration, avec la plus grande facilité, une verge de bois de 3 décimètres de longueur, de 25 millimètres de largeur et de 3 millimètres d'épaisseur. En employant des membranes d'un diamètre beaucoup plus considérable, j'ai pu faire vibrer régulièrement des verges de verre qui avaient des dimensions beaucoup plus fortes. L'on peut arriver à des résultats de communication de mouvement encore plus prononcés, en configurant la verge de manière qu'elle soit très-amincie sur ses bords, comme on le voit en *CD*, fig. 31, parce qu'alors elle se confond, pour ainsi dire, avec la membrane, qui ne peut pas osciller sans que le mouvement ne se communique d'abord à ces parties les plus amincies, dont les oscillations deviennent ensuite une cause énergique d'ébranlement pour les portions les plus épaisses, comme on peut le vérifier en versant du sable sur la partie *A* de la verge : on observe qu'il s'y produit des lignes nodales très-distinctes; on peut même coller en *A* un disque assez épais et d'un diamètre assez

considérable, fig. 32 : il vibrera aussi avec la plus grande facilité quand on approchera un corps sonore au-dessus de la membrane ; mais si on l'approche au-dessus du disque, le sable ne sera nullement agité : ce qui prouve que, pour que des oscillations aient lieu dans un corps, il est seulement nécessaire que quelques-unes de ses molécules soient écartées de leur état d'équilibre, même par la cause la plus légère, pourvu qu'elle renouvelle son action pendant quelque temps.

Il paraîtrait donc, d'après cela, que le marteau remplit à la fois deux fonctions distinctes : l'une, de modifier, au moyen de ses muscles, la tension de la membrane, afin de préserver l'organe des impressions trop fortes, et de le disposer convenablement pour recevoir les impressions les plus faibles ; et l'autre, de partager les mouvemens de la membrane et de les communiquer à d'autres parties. D'abord, puisque cet osselet est en contact immédiat avec l'enclume, et que l'enclume communique avec l'os lenticulaire, et, par son moyen, avec l'étrier, il est clair que la membrane du tympan ne peut pas produire de vibrations qu'elles ne soient aussitôt ressenties et partagées par la membrane de la fenêtre ovale ; et cela, sans que la période de ces oscillations subisse la moindre altération. D'un autre côté, la plus courte branche de l'enclume étant appuyée sur les parois des cellules mastoïdiennes, le mouvement doit aussi se propager à ces parois ; mais de plus, cette plus courte branche de l'enclume a encore un autre usage : c'est de servir de point d'appui lors des mouvemens dont cet os est le siége, quand le marteau l'entraîne avec lui ; car ce dernier osselet ne peut pas changer de position sans

déterminer la longue branche de l'enclume à se mouvoir de la même manière : il résulte donc de là que la base de l'étrier exerce sur la membrane de la fenêtre ovale une pression variable, qui peut encore être augmentée ou diminuée selon que le muscle de l'étrier agit ou reste en repos. Les diverses articulations qui existent entre les osselets ont sans doute pour usage d'empêcher que des mouvemens trop brusques ne nuisent à l'organisation de parties si délicates. Ainsi, l'on retrouve, à l'entrée du labyrinthe, une disposition préservatrice, comme celle qui a lieu pour la membrane du tympan ; et, ce qui paraît encore plus admirable, c'est que vraisemblablement le même mécanisme sert encore pour préserver la fenêtre ronde et toutes les parties molles contenues dans le labyrinthe des impressions trop fortes qu'elles pourraient recevoir. En effet, la base de l'étrier, en appuyant sur la membrane de la fenêtre ovale, doit comprimer le fluide, quel qu'il soit, qui se trouve dans le labyrinthe ; et par conséquent ce fluide doit presser les parties molles, et notamment la membrane de la fenêtre ronde, ce qui doit diminuer l'amplitude de leurs excursions, comme on peut le vérifier avec le petit appareil représenté dans la fig. 33. Il est composé d'une lame de bois assez épaisse *AB*, présentant en *R* et en *O* deux cavités communiquant ensemble par leur fond au moyen d'un petit canal *C*, et fermées chacune par une membrane mince, telle que de la baudruche. Par cette disposition, l'air contenu dans ces deux cavités peut se répandre facilement de l'une dans l'autre, et il s'y trouve toujours au même degré de tension élastique. Si donc on approche de cet appareil un corps en vibration, la

membrane *R* ayant été préalablement recouverte de sable, on pourra voir qu'elle entre en mouvement et qu'elle lance les grains de sable avec beaucoup de force. Après avoir remarqué l'intensité de ce mouvement, si l'on pose le doigt sur la membrane *O*, de manière à la rendre légèrement concave, d'abord on pourra remarquer que la membrane *R* devient légèrement convexe, et ensuite que les grains de sable sont bien moins agités que quand l'air contenu dans l'appareil n'était pas comprimé, et qu'ils le sont d'autant moins fort qu'on presse davantage en *O*, et que *R* devient plus tendue. D'après cela, il paraît naturel de présumer que la pression exercée par l'étrier contre la fenêtre ovale doit produire un effet analogue dont le résultat doit être de varier les amplitudes des excursions des parties vibrantes des divers organes qu'on observe dans le labyrinthe.

Maintenant on peut se demander à quoi servent la membrane et la caisse du tambour ? Pourquoi l'impression des sons ne se fait pas directement sur les membranes qui ferment les ouvertures du labyrinthe ? On peut répondre à cela que si ces membranes eussent été en contact immédiat avec l'air atmosphérique, leur état élastique eût été continuellement influencé par les changemens de température de ce fluide, et qu'il en serait vraisemblablement résulté que l'organe aurait perdu la faculté qu'il possède de reconnaître des sons qu'il a déjà perçus ; attendu que pour un même nombre de vibrations les modes de division qu'il affecterait varieraient continuellement. Il est donc à présumer que la membrane du tympan a pour usage d'empêcher ce contact de l'air atmosphérique, et que la caisse du tambour et les

cellules mastoïdiennes forment une espèce de réceptacle dans lequel l'air déjà échauffé, qui vient de la bouche par la trompe d'Eustache, achève de se mettre à la température constante du corps, afin d'établir devant les ouvertures du labyrinthe une sorte d'atmosphère particulière dont les propriétés ne varient pas ; de sorte qu'il est probable que le passage d'une grosse artère dans le temporal, tout près de la caisse du tambour, dont elle n'est séparée que par une paroi osseuse très-mince, n'est pas une circonstance indifférente au mécanisme de l'audition. Il pourrait se faire que ce fût un moyen d'assurer la constance de la température, non-seulement de l'air contenu dans la caisse du tambour, mais encore de toutes les pièces contenues dans le rocher.

Quant à l'étendue de la membrane du tympan, il est probable qu'elle influe, dans les différentes espèces d'animaux, sur le nombre des sons qu'ils peuvent percevoir, et en même temps sur les limites où les sons commencent ou cessent pour eux d'être perceptibles. Si cette membrane, dans l'homme, était un peu moins étendue, il ne paraît pas douteux que, au lieu de commencer à entendre des sons qui résultent d'environ 30 vibrations par seconde, nous ne pourrions entendre que des sons plus élevés. En effet, lorsqu'on cherche, au moyen d'un son très-grave, à ébranler par influence, à travers l'air, une membrane d'un petit diamètre, on observe qu'elle fait des mouvemens extrêmement faibles, tandis que, si on l'ébranle ensuite au moyen de sons qui résultent d'un nombre de vibrations beaucoup plus grand, elle devient le siége de mouvemens d'autant plus forts que le son produit approche plus d'être à l'unisson avec

celui qu'elle rendrait elle-même si on l'ébranlait directement. Ceci explique pourquoi les sons très-graves font une impression si faible sur l'organe de l'ouïe, tandis qu'au contraire les sons très aigus en font une si désagréable et souvent si déchirante. Ainsi, il paraît naturel de présumer que les animaux qui ont la membrane du tympan beaucoup plus étendue que celle de l'homme entendent des sons beaucoup plus graves que ceux qui résultent d'environ trente vibrations par seconde ; et, au contraire, qu'il doit y avoir des animaux qui n'entendent que des sons très-aigus. Toutefois il faut remarquer que l'étendue de la membrane n'est pas la seule circonstance à laquelle on doive avoir égard dans cette question. Le changement d'épaisseur et l'élasticité propre de la membrane, ainsi que son degré de tension, pourraient, quoique son étendue fût différente dans les diverses espèces d'animaux, la ramener à donner des résultats semblables. Néanmoins je remarquerai que la membrane tympanique, qui a dans le veau une surface un peu plus de deux fois plus grande que dans l'homme, paraît, à en juger par sa grande transparence et son peu de résistance, plus mince que celle de l'homme ; ce qui conduirait à penser que cet animal peut entendre des sons plus graves, au moins d'une octave, que les plus graves dont nous puissions avoir la sensation ; car, si l'on prend deux membranes circulaires de même matière, de même épaisseur et tendues à-peu-près également, dont les surfaces soient entr'elles comme 1 est à 2, et qu'on fasse dans leur voisinage une suite de gammes sur un instrument quelconque, on trouve que la plus petite membrane ne commence à faire des vibrations bien pro-

noncées qu'au moins une octave après que la plus grande s'est déjà mise à en produire d'assez intenses pour agiter fortement les grains de sable qu'on peut y répandre.

Il paraît d'ailleurs que, à raison du peu d'étendue de la membrane chez l'homme, il est impossible que les sons qui peuvent être perçus se trouvent jamais à l'unisson avec ceux que la membrane pourrait rendre si on l'ébranlait directement; et c'est sans doute une précaution prise par la nature, car, s'ils eussent encore été perceptibles, il serait arrivé que l'unisson et les harmoniques qui en sont les plus voisins auraient ébranlé l'organe avec beaucoup plus de force que tous les autres sons; ce qui nous aurait ôté la faculté de juger de la distance des corps sonores par le degré d'intensité des sons.

En résumant tout ce qui précède, on voit : 1°. que la communication des vibrations au moyen de l'air semble se faire, au moins pour de petites distances, suivant les mêmes lois que celle qui a lieu par les corps solides;

2°. Qu'il n'est pas nécessaire de supposer, comme on l'a fait jusqu'à présent, l'existence d'un mécanisme particulier pour amener continuellement la membrane du tympan à vibrer à l'unisson avec les corps qui agissent sur elle : il est clair qu'elle se trouve toujours dans des conditions qui la rendent apte à être influencée par un nombre quelconque de vibrations;

3°. Que sa tension ne varie vraisemblablement que pour augmenter ou diminuer l'amplitude de ses excursions, ainsi que Bichat l'avait présumé; mais toutefois

en supposant le contraire de ce qui résulte des expériences, c'est-à-dire qu'il avait imaginé que la membrane se détendait pour les impressions fortes, et qu'elle se tendait pour les plus faibles ;

4°. Que les vibrations de la membrane se communiquent sans altération au labyrinthe par le moyen des osselets, comme les vibrations de la table supérieure d'un instrument se communiquent à la table inférieure par le moyen de l'âme ;

5°. Que les osselets ont encore pour fonction de modifier l'amplitude des excursions des parties vibrantes des organes contenus dans le labyrinthe ;

6°. Enfin, que la caisse du tambour sert vraisemblablement à entretenir, près des ouvertures du labyrinthe et de la face interne de la membrane du tympan, un air dont les propriétés physiques soient constantes.

Extrait *d'une Lettre de M.* Berzelius *à M.* Dulong.

...... J'ai entrepris des recherches sur l'urane pour déterminer quelques points que M. Arfwedson avait laissés douteux dans son excellent Mémoire sur ce métal. Ce travail ne vous est probablement pas connu, quoiqu'il mérite bien de l'être. Arfwedson a trouvé le moyen d'obtenir l'urane à l'état métallique ; il a étudié ses propriétés et déterminé la composition de ses oxides. Pour l'oxide jaune cependant, ses résultats ne sont pas invariables. J'ai repris ce travail, et je l'ai continué en

finissant par l'analyse de l'uranite d'Autun, que je trouve être un sous-phosphate double de chaux et d'oxide jaune d'urane. Il contient en outre des phosphates de baryte, de magnésie, de manganèse et d'ammoniaque. L'uranite vert de Cornwall est une combinaison semblable, si on remplace la chaux par un égal nombre d'atomes d'oxide de cuivre. C'est donc un sous-phosphate double de cuivre et d'urane isomorphe, mais non pas identique avec l'uranite d'Autun.

J'ai examiné les combinaisons de l'acide acétique avec l'oxide de cuivre, à l'occasion des analyses de ces combinaisons publiées par M. Phillips. J'ai trouvé non moins de cinq acétates différens de deutoxide de cuivre, dans lesquels les multiples de la base sont 1, $1\frac{1}{2}$, 2, 3 et 72; le troisième est le vert-de-gris bleu. Mais comme il se décompose, soit par l'eau froide, soit par une chaleur de 60° centig., je le considère comme composé d'acétate neutre et d'hydrate de cuivre. Vous verrez plus amplement les raisons qui me déterminent à embrasser cette opinion lorsque vous aurez reçu mon Mémoire.

Pendant les six derniers mois, je me suis occupé d'un grand travail sur l'acide fluorique. Une partie est déjà imprimée dans les Mémoires de notre Académie; une autre partie est faite, mais n'est pas encore publiée. J'ai examiné les combinaisons de l'acide fluorique avec les bases, et j'ai trouvé que ce que l'on prenait pour des fluates n'étaient que des sels doubles. J'ai analysé le gaz fluo-silicique et ses combinaisons avec les bases. Tous ces composés sont formés de la même manière, et contiennent une quantité d'acide fluorique combinée avec la silice, double de celle qui est combinée avec

la base. L'acide fluorique donne des combinaisons correspondantes avec les acides de titane, de tantale, de tungstène, de molybdène, de chrôme, de sélénium, d'antimoine, d'arsenic, avec l'acide hypo-sulfureux et sulfureux, et probablement avec les acides phosphoreux et hypophosphoreux, quoique je n'aie pas encore examiné ces derniers.

L'acide fluorique est un des réactifs les plus commodes pour l'analyse des substances inorganiques, puisqu'il dissout tout ce que les autres acides n'attaquent pas. Il m'a fourni le moyen de déterminer avec plus d'exactitude les poids des atomes de plusieurs de ces substances sur lesquels je conservais des doutes. Pour extraire l'alcali des minéraux, il suffit de les traiter par l'acide fluorique ou par un mélange de fluate de chaux et d'acide sulfurique. En essayant de réduire l'acide fluorique par le potassium, j'ai réussi à réduire la silice, la zircone et les autres terres; mais je n'ai pu isoler que le silicium et le zirconium. Les autres décomposent l'eau avec une grande énergie. Le silicium pur est incombustible, même dans le gaz oxigène. L'eau, l'acide nitrique et l'eau régale ne l'attaquent point, non plus que la potasse caustique; mais l'acide fluorique le dissout un peu, surtout si on y ajoute de l'acide nitrique. Il ne décompose point le salpêtre, si ce n'est à un feu très-intense; mais il détone avec le carbonate de potasse à la chaleur du rouge naissant. Il se dégage du gaz oxide de carbone, et du charbon est mis à nu. Lorsqu'on chauffe le silicium avec le salpêtre, si l'ón plonge dans le mélange un morceau de carbonate de soude sec, il y a tout de suite détonation. En faisant passer la vapeur

de soufre sur le silicium porté au rouge, le métal devient subitement incandescent. Si la combinaison est complète, ce qui n'arrive que rarement, elle se présente sous la forme d'une masse blanche terreuse; elle décompose l'eau avec une rapidité extrême. L'eau dissout la silice, et il se développe du gaz hydrogène sulfuré. On peut obtenir par ce moyen une solution de silice dans l'eau tellement concentrée que pendant l'évaporation elle s'épaissit, se coagule et laisse déposer des portions de cette terre sous la forme de masse gommeuse transparente. Le siliciure de potassium, chauffé avec du soufre, brûle vivement et laisse, lorsqu'on le dissout, le silicium pur. Dans le chlore, le silicium prend feu à une chaleur rouge; il en résulte un liquide incolore ou peu coloré en jaune, d'une odeur qui rappelle le cyanogène, extrêmement volatil, et qui, avec l'eau, se fige et dépose de la silice en gelée. Pour vous donner une idée des propriétés extérieures de cette substance, j'ai joint à cette lettre un filtre sur lequel il y a du silicium. Je n'ai point encore examiné comment le silicium conduit l'électricité, la chaleur, sa pesanteur spécifique, etc. Rien de plus facile que de se procurer cette substance; voici la méthode à laquelle je me suis arrêté : le fluate double de silice et de potasse ou de soude, chauffé à une chaleur voisine du rouge pour chasser l'eau hygrométrique, est introduit dans un tube de verre fermé par un bout. On y introduit des morceaux de potassium qu'on a soin de mêler avec la poudre en les chauffant jusqu'à fondre le métal et en frappant légèrement le tube. On chauffe avec la lampe, et avant la chaleur rouge il y a une faible détonation, et le silicium est réduit. On laisse

refroidir la masse et on la traite ensuite par l'eau aussi long-temps que l'eau dissout quelque chose. Il se fait d'abord un dégagement de gaz hydrogène, parce qu'on obtient du siliciure de potassium qui ne peut exister dans l'eau. La substance lavée est un hydrure de silicium qui, à une chaleur rouge, brûle avec vivacité dans le gaz oxigène; quoique le silicium n'y soit pas complètement oxidé, on le chauffe dans un creuset de platine couvert, en augmentant lentement le feu jusqu'au rouge. L'hydrogène s'oxide seul et le silicium ne brûle plus ensuite dans l'oxigène, tandis que le chlore l'attaque très-bien. Le peu de silice qui se produit peut être dissous par de l'acide fluorique. Si le silicium n'a pas été fortement rougi, l'acide en dissout avec un dégagement lent d'hydrogène. D'après les expériences synthétiques que j'ai faites, la silice doit contenir 0,52 de son poids d'oxigène. Le zirconium s'obtient d'une manière analogue. Il est noir comme du charbon, ne s'oxide ni dans l'eau ni dans l'acide muriatique; mais l'eau régale et l'acide fluorique le dissolvent, ce dernier avec dégagement d'hydrogène. Il brûle, à une température peu élevée, avec une extrême intensité. Il se combine avec le soufre. Son sulfure est brun marron comme le silicium, insoluble dans l'acide muriatique et dans les alcalis. Il brûle avec éclat et donne du gaz acide sulfureux et de la zircone.

Examen *chimique des Upas.*

Par MM. Pelletier et Caventou.

Les upas, poisons terribles dont se servent les naturels de l'archipel Indien, n'étaient naguère connus que par les relations fabuleuses de quelques voyageurs. Depuis un petit nombre d'années seulement leur origine botanique et le mode d'action qu'ils exercent sur l'économie animale ont été établis avec quelque précision. M. Leschenaut, dans un Mémoire imprimé, *Annales du Muséum d'Histoire naturelle* (1), a démontré que les upas sont fournis par deux plantes d'espèces et de familles différentes : l'un, l'upas tieuté, par un strychnos auquel M. Leschenaut a donné le nom de *strychnos tieuté,* plante sarmenteuse, sorte de liane de la famille des strychnées ; l'autre, l'upas anthiar, est le suc gommo-résineux d'un grand arbre de la famille des urticées : ce végétal forme un genre et une espèse nouvelle, sous le nom d'*anthiaris-toxicaria.* Nous renvoyons au Mémoire de M. Leschenaut pour tous les détails qu'on pourrait desirer sur l'histoire, l'origine, la préparation et l'emploi des upas ; nous ne pourrions que répéter ce qu'a dit ce savant voyageur.

L'action que les upas exercent sur l'économie animale a été aussi l'objet des recherches de deux habiles physiologistes, MM. Delille et Magendie : ils ont prouvé que l'upas tieuté agit par absorption, que son action se porte sur la moelle épinière et produit le tétanos, l'asphyxie

---

(1) T. xvi, p. 459.

et la mort. L'upas anthiar agit aussi sur le système nerveux, mais avec des phénomènes différens et qui se compliquent d'autres accidens, tels que vomissemens violens et déjections alvines. Ces observations ont fait le sujet de deux Mémoires, que MM. Delille et Magendie ont lus à l'Institut il y a quelques années.

Il ne restait donc plus à connaître que la nature chimique des upas ; jusqu'ici rien n'avait été tenté sur cet objet : pour remplir cette lacune dans leur histoire, nous avons entrepris la série d'expériences que nous avons l'honneur de présenter à l'Académie. Des résultats certains ont été obtenus sur l'upas tieuté, le plus terrible des poisons végétaux. La petite quantité d'upas anthiar sur laquelle nous avons pu opérer ne nous a pas permis de pousser nos recherches au point d'avoir des résultats aussi positifs ; ils pourront cependant servir de base à un travail subséquent. Du reste, nous ne pouvons nous empêcher d'insister ici sur l'authenticité des échantillons soumis à l'analyse ; ils nous avaient été remis par l'Administration du Muséum, et étaient étiquetés de la main de M. Leschenaut. M. Magendie nous avait aussi donné une petite quantité d'upas tieuté, qui était exactement semblable à celui des collections du Cabinet du Roi. Ces deux échantillons nous ont permis de varier nos expériences sur l'upas tieuté; il n'en a pas été de même de l'upas anthiar, qui nous a bientôt manqué.

De l'Upas tieuté.

(Strychnos tieuté, *Leschenaut*, famille des strychnées.)

L'upas tieuté est sous la forme d'un extrait solide, d'un brun rougeâtre vu en masse ; étendu en couche mince,

il est d'un jaune orangé, translucide ; sa saveur est extrêmement amère, sans âcreté ni arrière-goût aromatique. Il se dissout dans l'eau en abandonnant une matière d'un rouge de brique, qui, bien lavée, est sans saveur. La solution aqueuse est d'un jaune orangé, d'une saveur extrêmement amère.

L'upas tieuté se dissout presqu'entièrement dans l'alcool; mais l'éther sulfurique l'attaque à peine. Il n'est pas sensiblement soluble dans les huiles. Exposé à l'action du feu, l'upas tieuté se ramollit d'abord, se dessèche ensuite ; mais si la chaleur est assez élevée, il se boursoufle et se décompose en répandant une odeur fétide à la manière des substances azotées.

La solution aqueuse de l'upas tieuté est précipitée en jaune rougeâtre par les solutions alcalines; la teinture de noix de galle, les gallates et les oxalates alcalins y forment des précipités également solubles dans l'alcool et dans les acides en excès.

Ces propriétés, établies par une série assez nombreuse d'expériences, nous donnèrent dès-lors des idées sur la nature du principe actif de l'upas tieuté. Si nous en jugions du moins par analogie et comparaison, nous pouvions déjà le regarder comme très-voisin de la strychnine, s'il n'était pas la strychnine elle-même : toutefois nous savions que toutes les matières qui contiennent de la strychnine, telles que les extraits aqueux et alcooliques de noix vomique, de fève Saint-Ignace, de bois de couleuvre, prennent une couleur d'un beau rouge par leur contact avec l'acide nitrique concentré; couleur que le proto-hydrochlorate d'étain et les autres corps avides d'oxigène font disparaître : or, l'acide nitrique, au lieu

de produire du *rouge*, donnait avec l'upas tieuté une couleur d'un vert de chrôme magnifique : cependant, comme la *matière brune insoluble*, bien lavée, prenait par l'acide nitrique une couleur verte dont la teinte était encore plus foncée, nous avons pensé que la couleur verte que prenait l'upas était due à cette matière : nous avons donc fait dissoudre l'upas dans de l'eau, et sa solution filtrée a été évaporée; elle a produit un extrait translucide d'un brun rougeâtre ; cet extrait verdissait encore fortement par l'acide nitrique : aussi, lorsqu'on le faisait dissoudre de nouveau dans de l'eau abandonnait-il encore une certaine quantité de matière insoluble. Ne pouvant, par des solutions réitérées, le dépouiller de toute matière brune, nous avons imaginé de le passer sur le charbon animal, après avoir légèrement acidulé sa solution avec de l'acide sulfurique : par cette opération, la liqueur perdit sa couleur jaune-orangée, et n'avait plus qu'une teinte jaune-serin. Dans cet état, elle fut évaporée et donna une matière jaune grenue qui, traitée par l'acide nitrique concentré, prenait une belle couleur rouge-cramoisi ; dès-lors nous n'eûmes plus de doute, et nous n'aurions pas eu assez d'upas pour en extraire la strychnine, que, joignant ce caractère à ceux que nous avions déjà observés, nous n'aurions pas hésité à admettre la strychnine comme principe actif de l'upas tieuté. Nous insistons sur ce point pour montrer combien il est dangereux (surtout dans la recherche des poisons) de juger par analogie et de prononcer sur l'existence des matières par la seule observation de quelques phénomènes et sans avoir obtenu les substances. En effet, la suite de ce Mémoire montrera que si, comme

il est vrai, la strychnine existe dans l'upas tieuté, ce n'est pas elle qui donne à l'un des produits de son analyse la propriété de rougir par l'acide nitrique; car nous démontrerons que, à son dernier degré de pureté, la strychnine ne rougit plus par l'acide nitrique, tandis que cette propriété se retrouve avec toute son intensité dans une matière jaune qui lui est presque toujours associée; d'où il suit qu'on peut avoir par l'acide nitrique une couleur rouge sans strychnine, ou de la strychnine sans manifestation de couleur rouge par le même acide; mais n'anticipons pas sur les faits.

Nous en étions arrivés au point où il fallait obtenir le principe actif de l'upas tieuté à l'état de pureté, et avoir la strychnine isolée, si tant était qu'il en contînt. A cet effet, nous avons préparé une solution d'upas, et, après l'avoir filtrée, nous l'avons traitée par la magnésie calcinée : cette magnésie était très-pure et exempte de potasse. Le précipité magnésien était d'un jaune rougeâtre; lavé et desséché, il conservait une saveur amère très-intense. Dans cet état, il fut traité par de l'alcool bouillant à trois reprises; les teintures alcooliques étaient limpides, mais avaient une teinte *briquetée*. Evaporées, elles ont produit une matière cristalline, qui était encore colorée en jaune orangé. Cette matière avait une saveur très-amère : quoiqu'elle ne fût que très-peu soluble dans l'eau, elle se dissolvait très-bien dans les acides, et avait toutes les propriétés reconnues jusqu'ici à la strychnine, à cela près qu'elle verdissait au lieu de rougir par l'acide nitrique; mais la couleur verte était évidemment produite par la matière colorante brune : en effet, elle perdait la propriété de verdir par l'acide nitrique en se

dépouillant de cette matière étrangère : or, on parvenait facilement à l'avoir pure en la dissolvant dans l'acide sulfurique affaibli, la passant sur du charbon animal, la traitant par la magnésie et la reprenant par de l'alcool qu'on laissait évaporer lentement. C'est par cette série d'opérations que nous sommes parvenus à obtenir le principe actif de l'upas tieuté à l'état de pureté parfaite.

Dans cet état, il se présentait sous forme d'aiguilles cristallines prismatiques, presqu'insolubles dans l'eau, d'une saveur extrêmement amère, ramenant au bleu le papier de tournesol rougi par les acides, se dissolvant dans les acides et les saturant, et donnant lieu à des solutions dans lesquelles l'ammoniaque, la teinture de noix de galle, les gallates et oxalates alcalins formaient des précipités blancs abondans, solubles dans l'alcool. Enfin, unissant cette matière avec les acides nitrique et sulfurique, nous avons obtenu des combinaisons salines, ayant tous les caractères des sels de strychnine; le nitrate particulièrement était reconnaissable à son aspect nacré; mais ni la matière cristalline ni les sels ne rougissaient pas l'acide nitrique. La propriété de rougir par l'acide nitrique, que nous avions signalée dans un des produits de l'analyse de l'upas, était donc due à une matière qui n'était pas le principe amer, cristallin, salifiable que nous venions d'obtenir, matière qui d'ailleurs se retrouvait dans la liqueur de lavage du précipité magnésien : en effet, ayant évaporé cette liqueur, nous avons obtenu une matière jaune parsemée de points brunâtres. Cette matière, traitée par l'acide nitrique, devient d'un très-beau rouge, à l'exception des points bruns qui forment

la couleur verte. En redissolvant la matière et la filtrant sur du charbon animal, on retient la substance brune, et la matière jaune, susceptible de rougir par l'acide nitrique, reste en solution.

Il n'est pas facile d'indiquer d'une manière précise les propriétés chimiques de cette matière jaune; car il faudrait d'abord l'obtenir à l'état de pureté parfaite : or, elle est incristallisable, fixe, soluble dans l'alcool et dans l'eau : quel moyen reste-t-il de la séparer des matières étrangères qui se trouvent avec elle, et particulièrement du principe amer qui l'accompagne, et dont elle augmente la solubilité? Joignons à cela que cette matière n'est pas précipitée par l'acétate de plomb. Au demeurant, cette matière ne joue dans l'upas qu'un rôle accessoire et s'y trouve en petite quantité; il est donc moins important de la connaître : quant à la matière brune susceptible de verdir par l'acide nitrique, elle sera l'objet d'un examen particulier.

Revenons au principe amer alcalin cristallisable de l'upas : il nous était démontré que c'était de la strychnine. La propriété de rougir par l'acide nitrique n'appartient donc pas à cette substance. Comment avions-nous donc pu être induits en erreur sur ce point? Pour tirer ce fait à clair, nous avons pris les divers échantillons de strychnine résultats de nos analyses de la noix vomique et de la fève Saint-Ignace; nous les avons placés par rang de pureté apparente, en consultant leur aspect cristallin et leur degré de blancheur, et nous les avons essayés par l'acide nitrique; nous avons vu que ceux qui étaient les moins blancs étaient aussi ceux qui prenaient la plus belle couleur rouge; nous sommes enfin

tombés sur des cristaux de strychnine retirés de la fève Saint-Ignace et d'une blancheur éclatante : ceux-ci, traités par l'acide nitrique, ne prennent plus qu'une teinte rose fort légère. Toutefois nous avouerons que nous n'avons jamais pu retirer de la noix vomique ni même de la fève Saint-Ignace une strychnine entièrement privée de la propriété de rougir par l'acide nitrique; mais l'affaiblissement de cette propriété dans la strychnine, à mesure qu'on la purifie, semble prouver qu'elle lui est étrangère; et la strychnine obtenue de l'upas confirme cette assertion.

Il resterait à expliquer pourquoi l'on obtient si facilement la strychnine privée de matière *rougissante* lorsqu'on agit sur l'upas, tandis qu'on a tant de peine à approcher de ce point lorsqu'on opère sur la noix vomique ou la fève Saint-Ignace. Sans oser affirmer que nous ayons résolu ce problème, nous présenterons une idée qui n'est pas aussi *conjecturale* qu'elle le semble d'abord, parce qu'elle se lie à d'autres observations. Il nous paraît que les matières colorantes ont en général beaucoup d'affinité pour les alcalis végétaux, et qu'elles jouent en quelque sorte, à leur égard, le rôle d'acide : il est donc présumable que dans la fève Saint-Ignace et dans la noix vomique la matière jaune est retenue avec force par la strychnine, tandis que dans l'upas elle est plus libre, parce que la strychnine paraît s'unir de préférence à la matière brune peu soluble : c'est donc à la présence de cette dernière que nous attribuons la facile élimination de la matière jaune dans l'upas tieuté.

Du reste, la propriété vénéneuse des strychnos est bien due à la strychnine; car elle est d'autant plus ac-

tive qu'elle est plus pure ; ce que les recherches de M. Magendie, et, en dernier lieu, les observations de M. Andral fils, ont démontré. L'activité spéciale de la strychnine retirée de l'upas a été de même constatée par plusieurs expériences que nous avons faites avec M. Andral, et qui sont rapportées à la suite de ce Mémoire. Nous nous bornerons ici à dire qu'un quart de grain de strychnine retirée de l'upas, délayé dans un peu d'eau, ayant été injecté dans la plèvre d'un lapin, l'animal, au bout de quinze secondes, a éprouvé une seule mais terrible attaque de tétanos, dans laquelle il a péri. L'expérience a été répétée sur un second individu avec un quart de grain de strychnine d'upas dissous dans un peu d'acide acétique étendu d'eau : l'effet a encore été plus prompt et plus terrible.

Nous aurions pu terminer ici nos recherches sur l'upas tieuté, puisque leur but était la détermination du principe actif. Cependant, avant de passer à d'autres objets, nous avons encore cherché à éclaircir quelques points dans l'histoire chimique de ce poison. On se rappelle peut-être que la brucine, autre alcali végétal découvert par nous dans la fausse angusture, se rencontre en quantité diverse avec la strychnine dans la noix vomique et la fève Saint-Ignace : il était donc nécessaire de la rechercher dans l'upas tieuté. Le caractère saillant de la brucine est de rougir à froid par l'acide nitrique, de jaunir ensuite par la chaleur, et de prendre alors une belle couleur violette par le proto-hydrochlorate d'étain : les plus petites quantités de brucine sont rendues sensibles par ce réactif. Aucun des produits de l'analyse de l'upas tieuté soumis à ces expériences n'a présenté de

traces de brucine; mais l'absence même de la brucine dans ce poison tend à expliquer son activité : en effet, l'on sait que la strychnine est beaucoup plus vénéneuse que la brucine. La fève Saint-Ignace, qui contient beaucoup de strychnine et peu de brucine, est beaucoup plus active que la noix vomique, dans laquelle il y a proportionnellement moins de strychnine et plus de brucine. L'upas tieuté, étant très-riche en strychnine et ne contenant pas de brucine, doit donc être plus actif que l'extrait alcoolique de noix vomique ou de fève Saint-Ignace : c'est d'ailleurs ce que démontrent les expériences physiologiques, qui ici sont parfaitement d'accord avec les résultats de l'analyse.

On pourrait peut-être objecter que la propriété de rougir par l'acide nitrique étant étrangère à la strychnine, la même propriété, jointe à celle de devenir violette par le proto-hydrochlorate d'étain, peut également être *étrangère* à la brucine; toutefois nous ferons observer que la brucine prend avec l'acide nitrique une couleur d'autant plus rouge qu'elle est elle-même plus pure; ce qui tend à prouver que cette propriété lui est inhérente. On doit donc conserver ce caractère pour la brucine jusqu'à ce que des expériences positives prouvent qu'il ne lui est pas essentiel. Nous remarquerons aussi en passant que la morphine la plus blanche rougit également par l'acide nitrique, ainsi que nous l'avons annoncé les premiers dans une Note imprimée au *Bulletin de la Société philomatique*, et nous avons indiqué l'emploi du proto-hydrochlorate d'étain pour distinguer la strychnine, la brucine et la morphine, dans ce qu'elles semblaient avoir de commun par leur propriété de rougir par l'acide

nitrique. On ne devra jamais négliger ce réactif pour distinguer la brucine de la morphine lorsqu'on ne pourra obtenir cette dernière cristallisée.

Revenant à l'upas tieuté, nous avons recherché à quel acide la strychnine qu'il contient était unie; toutefois nous n'avons pu l'obtenir pur en assez grande quantité pour constater sa nature d'une manière précise : si nous en jugeons par analogie et par l'action qu'il exerce sur les sels de cuivre, nous le regarderons comme identique avec celui qui sature la strychnine dans la fève Saint-Ignace, acide auquel nous avons donné le nom d'*acide igasurique*. Nous n'osons cependant l'affirmer, d'autant plus que l'acide igasurique se rapproche beaucoup lui-même de l'acide malique. Du reste, d'après la capacité de la strychnine, qui est telle que l'acide doit être à la base comme 1 est à 10, on peut juger combien il doit y avoir peu d'acide dans l'upas; nous ne pouvions donc guère espérer l'obtenir en agissant sur quelques grains de matière.

Pour terminer l'histoire chimique de l'upas tieuté, il nous restait à examiner la matière colorante brune qui verdissait par l'acide nitrique. Nous n'avons pas tardé à nous apercevoir que cette matière nous était connue, et que nous avions déjà eu l'occasion de décrire ses propriétés en parlant de la matière colorante brune qu'on trouve dans le lichen ou les fongosités de l'écorce de fausse angusture (1). Ces deux matières colorantes sont parfaitement identiques et ne forment qu'une même substance dont voici les principales propriétés : elle est très-

---

(1) *Journal de Pharmacie*, tome v, page 546.

peu soluble dans l'eau et sans saveur quand elle a été bien purifiée; les alcalis foncent sa couleur et favorisent sa dissolution dans l'eau; les acides semblent également la rendre plus soluble. Son dissolvant est l'alcool; par l'évaporation de l'alcool, on l'obtient en paillettes micacées comme cristallines : elle est très-peu soluble dans l'éther et les huiles volatiles.

La propriété la plus remarquable de cette matière est de prendre une couleur verte très-intense par l'acide nitrique concentré : cette couleur disparaît par l'eau; la concentration la reproduit; les alcalis et les corps désoxigénans, la font disparaître entièrement, les premiers en s'emparant de l'acide, les seconds probablement en attaquant l'acide dans ses élémens et lui enlevant de l'oxigène. Le proto-hydrochlorate d'étain agit particulièrement d'une manière très-énergique.

L'acide sulfurique concentré verdit également la matière brune de l'upas; l'acide acétique concentré lui donne une teinte verte plus légère. L'acide hydrochlorique ne produit pas cet effet.

Cette substance, bien purifiée, n'a pas d'action marquée sur l'économie animale : un demi-grain délayé dans un peu d'eau a été injecté dans la plèvre d'un lapin; il n'a pas été sensiblement incommodé.

Le strychnos pseudo-kina, analysé par M. Vauquelin, présente souvent dans son écorce des fongosités semblables à celles qu'on remarque sur la fausse-angusture, qui paraît aussi être une strychnée. Nous avons examiné ces fongosités, et nous y avons reconnu la matière colorante qui fait l'objet de cet article. Cette matière paraît donc assez répandue dans la famille des strychnées,

et pourrait peut-être recevoir le nom de *strychochromine*. Toutefois elle nous paraît avoir beaucoup d'analogie, si elle n'est pas identique, avec celle que M. Henry fils a décrite dans son analyse du tanguin, poison de Madagascar. Ce poison provient d'une plante de la famille des apocynées, très-voisine des strychnos. Si ce rapprochement se confirme, cette matière se trouvera plus répandue dans la nature qu'il ne le semblait d'abord, et méritera une place dans la nomenclature (1).

Résumant les faits contenus dans la première partie de ce Mémoire, nous voyons que le principe actif de l'upas tieuté est la strychnine; que cette base s'y trouve combinée avec un acide, probablement l'acide igasurique, et associée à deux matières colorantes : l'une, jaune, soluble, est susceptible de prendre une belle couleur rouge par l'acide nitrique; l'autre, d'un brun rougeâtre, insoluble par elle-même, jouit d'une série de propriétés particulières, a pour caractère saillant de devenir d'un beau vert par son contact avec l'acide nitrique concentré. Relativement à l'histoire particulière de la strychnine, il résulte des diverses observations consignées plus haut que la propriété de rougir par l'acide nitrique ne lui est pas propre, mais est due à une substance qui l'accompagne souvent, et dont il est quelquefois très-difficile de la dépouiller.

---

(1) La matière colorante du tanguin est soluble; mais dans l'upas une partie de la matière colorante est rendue soluble par les substances qui l'accompagnent : il en est peut-être de même dans le tanguin.

De l'Upas anthiar.

(*Anthiaris toxicaria*, LESCHENAUT, famille des urticées.)

Les premiers essais que nous eûmes occasion de faire sur l'upas anthiar ont déjà été communiqués à la Section de Pharmacie par l'un de nous, auquel M. le D[r] Keraudren avait bien voulu remettre le très-petit mais unique échantillon qu'il possédait de cette substance. On ne put constater alors dans cet upas que l'absence des alcalis végétaux déjà connus. La quantité un peu plus forte que nous remit depuis le savant et respectable M. Desfontaines nous a permis d'étendre un peu plus nos recherches. Toutefois nous avons encore eu trop peu de matière pour qu'il nous fût possible d'obtenir des résultats de nature à établir d'une manière précise la composition de l'anthiar et les propriétés chimiques de son principe actif. En exposant les faits que nous avons observés, nous en déduirons les conséquences que, selon nous, on en peut tirer avec quelques probabilités.

L'upas anthiar soumis à notre examen était en masse d'un brun légèrement rougeâtre, ayant la consistance et l'apparence d'une matière cireuse; sa saveur était des plus amères : cette amertume n'était pas franche comme celle de l'upas tieuté; elle se compliquait d'âcreté : ces deux sensations étaient suivies d'une sorte d'engourdissement de la langue et de l'intérieur de la bouche. L'anthiar n'était qu'imparfaitement soluble dans l'eau et formait une sorte d'émulsion ; l'éther ne le dissolvait qu'en partie; l'alcool avait sur lui une action dissolvante plus grande. L'anthiar chauffé se ramollissait, se

boursoufflait ensuite et se décomposait à la manière des substances organiques azotées.

Après quelques essais préliminaires, nous avons procédé à son analyse de la manière suivante : nous l'avons d'abord soumis à l'action plusieurs fois répétée de l'éther sulfurique : celui-ci est resté incolore, et, par évaporation, a donné une matière d'un blanc mat, insoluble dans l'eau et peu soluble dans l'alcool : nous y reviendrons plus bas. A l'éther, nous avons substitué l'eau distillée bouillante, que, d'après quelques essais, nous avons jugé plus convenable pour la séparation des principes qui se trouvaient ici réunis. En effet, on obtient par ce moyen trois matières : l'une, colorée, amère, se dissout ; l'autre, insoluble, se ramollit, surnage et peut être enlevée avec un tube en raison de son élasticité et de l'adhérence de ses molécules ; la troisième enfin, divisée dans le liquide, mais non dissoute, s'obtient par filtration.

Avant de passer à l'examen de la matière soluble, disons un mot des deux matières insolubles afin de n'avoir plus à y revenir.

La première est semblable à celle que nous avons obtenue en traitant directement l'anthiar par l'éther. Cette substance est insoluble dans l'eau à toute température ; dans l'eau chaude seulement, elle se ramollit et acquiert une élasticité plus grande que celle du caoutchouc. Elle conserve un peu d'élasticité quelque temps encore après son refroidissement, puis enfin devient friable. On lui rend son élasticité en la chauffant à 80 ou 90 deg. centigrades, soit seule, soit avec de l'eau. Cette matière est insoluble dans l'alcool froid ; elle se ramollit dans l'alcool bouillant et s'y dissout en légère proportion ; par le

refroidissement, ce qui s'en est dissous se sépare en flocons blancs. Ses dissolvans sont l'éther et les huiles volatiles. Quand on la dissout pour la première fois dans ces menstrues, il s'en sépare une petite quantité de la seconde matière insoluble qui se trouvait interposée entre ses molécules. Nous ne trouvons, dans les livres de chimie, la description d'aucune matière analogue à celle-ci : cependant il existe une substance qui a avec elle beaucoup d'analogie : c'est une matière que l'un de nous a retirée d'une résine qui lui avait été donnée par M. de Humboldt, et qui provenait d'un *hymenea*. Toutefois cette matière était moins élastique que celle de l'anthiar; mais ce sont deux variétés de la même substance que nous nommerons, du moins provisoirement, *résine élastique*, et que nous ferons mieux connaître dans une notice particulière.

La seconde matière est une sorte de gomme très-peu soluble dans l'eau, analogue à la bassorine, ou plutôt à cette matière qu'on retrouve dans le salep, et qui semble faire le passage entre la gomme et l'amidon.

Revenons à la partie soluble de l'anthiar, dans laquelle nous devons trouver son principe actif, puisque les deux matières insolubles sont sans saveur et sans action sur l'économie animale. La liqueur amère fut évaporée, et pendant l'évaporation il se séparait des pellicules qui s'attachaient au bord du vase : ces pellicules étaient presqu'entièrement formées par la matière gommeuse peu soluble qui se séparait par suite de l'évaporation du liquide. La matière, réduite en consistance de sirop, fut traitée par l'alcool faible, qui précipita la gomme et retint en dissolution la matière amère. On chassa l'al-

cool par évaporation, et on obtint la matière amère sous forme de masse grenue et comme cristalline.

Cette matière était d'une excessive amertume; ce qui devait d'ailleurs être ainsi, puisque les autres substances retirées de l'upas anthiar étant sans saveur, l'amertume devait se trouver concentrée dans celle-ci; elle était très-soluble dans l'alcool et dans l'eau, insoluble dans l'éther; elle rougissait sensiblement la teinture de tournesol. Sa couleur était le jaune brunâtre; mais, traitée par le charbon animal, elle se décolorait sensiblement : la couleur fauve lui était donc étrangère. Soupçonnant, par des raisons fondées sur l'observation et l'analogie, que cette matière amère était formée d'une substance analogue aux alcalis végétaux et d'un acide, nous avons cherché à mettre à nu la base salifiable présumée. A cet effet, dans une portion de matière dissoute par l'eau, nous avons versé quelques gouttes d'ammoniaque; mais il ne s'est formé aucun précipité. Une autre portion de matière a été traitée par de la magnésie très-pure. Le précipité magnésien, repris par l'alcool, n'a cédé à ce menstrue aucun principe, et la liqueur aqueuse de la filtration paraissait avoir retenu tout le principe amer qu'on a obtenu par évaporation, tel qu'il était avant le traitement, à cela près qu'au lieu d'être acide, il manifestait des propriétés alcalines. Nous n'hésitons pas cependant à attribuer l'alcalinité de la liqueur à la matière elle-même; car, en la calcinant, elle laissait un résidu légèrement alcalin : cependant elle jouissait d'une propriété qui est généralement propre et particulière aux bases salifiables alcalines : c'est celle de donner, par la teinture de noix de galle et les gallates alcalins, des *précipités*

entièrement solubles dans l'alcool. Ces précipités ne peuvent être confondus avec ceux formés par la noix de galle dans les substances végéto-animales ; car ces derniers sont insolubles dans l'esprit-de-vin. Il est fâcheux que nous n'ayons pas eu assez de cette substance pour essayer de former des combinaisons salines ; ce genre d'épreuves aurait levé toute espèce de doute sur la nature de ce principe ; mais la petite quantité de matière qui nous restait ne pouvait suffire à ce genre d'expériences, et nous avons préféré la réserver pour quelques expériences physiologiques tendantes à constater que le principe actif de l'anthiar s'y trouve concentré.

Mais, avant de procéder à cet essai, il fallait constater ou plutôt évaluer le degré d'activité de l'upas anthiar : déjà l'un de nous, ayant goûté un peu trop légèrement cette matière, éprouva, en outre des sensations déjà décrites, des douleurs d'entrailles qui ne cédèrent qu'à une diète rigoureuse. De plus, aidés, dans cette partie de notre travail, par M. Andral fils, dont le zèle est bien connu de l'Académie, nous nous livrâmes à quelques recherches physiologiques que nous allons relater ici.

Un quart de grain d'upas anthiar fut injecté dans la plèvre d'un lapin. (L'anthiar avait été dissous dans un peu d'eau chaude, et la solution était trouble en raison des parties insolubles.) Pendant les douze premières minutes qui suivirent l'injection, aucun symptôme ne fut observé ; mais, au bout de la douzième minute, l'animal commença à avoir des nausées, puis ses membres antérieurs se fléchirent, il tomba sur le côté ; les muscles des membres et de la face furent agités de mouvemens

convulsifs : il mourut au milieu de ces convulsions, dix-sept minutes après l'injection du poison.

Un quart de grain de la matière présumée active de l'upas anthiar fut injecté dans la plèvre d'un lapin : trois minutes après l'injection, l'animal commença à se plaindre et sembla beaucoup souffrir, puis il eut des nausées comme le précédent ; au bout de la quatrième minute, il fut pris de violens mouvemens convulsifs des membres et de la face, et périt au bout de la cinquième minute.

Un demi-grain de la même matière fut injecté dans la plèvre d'un lapin : au bout de trois minutes, apparition des mêmes phénomènes que chez les deux animaux précédens ; mort avant la quatrième minute.

En résumé, il résulte des faits chimiques contenus dans la seconde partie de ce Mémoire :

1°. Que l'upas anthiar contient une résine élastique particulière, une matière gommeuse peu soluble ; une matière amère soluble dans l'alcool et dans l'eau ;

2°. Que cette matière amère, dans laquelle réside la propriété vénéneuse de l'anthiar, est elle-même composée d'une matière colorante que le charbon animal peut absorber, d'un acide indéterminé, et d'une substance véritable principe actif de l'anthiar, et qui nous a paru être un alcali végétal soluble.

Des expériences physiologiques que nous avons relatées, nous croyons pouvoir conclure avec M. Andral :

1°. Que l'upas anthiar et la matière amère soluble qu'on en retire par l'analyse exercent sur l'économie animale un mode d'action analogue ;

2°. Que l'action de la matière amère est beaucoup plus *énergique* que celle de l'upas anthiar en substance ;

3°. Que les symptômes produits par l'upas anthiar sont le résultat de la double action exercée par ce poison sur le système nerveux et sur l'estomac ;

4°. Que le mode d'action de l'upas anthiar sur le système nerveux n'est pas absolument identique avec celui de l'upas tieuté : le premier détermine des convulsions *cloniques* ou avec alternatives de relâchement ; le second produit des convulsions toniques, en d'autres termes, le tétanos proprement dit : en outre, l'upas anthiar et son principe actif, portés dans le torrent de la circulation, vont irriter l'estomac ; ce que ne fait pas l'upas tieuté ; phénomènes d'ailleurs déjà observés par MM. Delisle et Magendie sur l'upas anthiar en nature ;

6°. Enfin, que les expériences physiologiques, indiquant un mode d'action différent entre les deux upas, sont d'accord avec les expériences chimiques, qui prouvent une différence de nature entre ces deux affreux poisons.

NOTE *sur la Liquéfaction de l'acide sulfureux.*

DANS la séance du 13 mars, M. Bussy a communiqué à la Société philomatique une Note sur la liquéfaction de l'acide sulfureux.

Pour obtenir cet acide liquide et exempt d'eau, l'auteur fait passer le gaz sulfureux obtenu par les procédés ordinaires, d'abord au travers d'un tube rempli de frag-

mens de chlorure de calcium fondu, ensuite dans un matras entouré d'un mélange de deux parties de glace pilée et d'une partie de sel marin ; l'acide sulfureux s'y liquéfie complètement, sous la simple pression de l'atmosphère, et par une température qui n'est pas au-dessous de 18 ou 20 degrés centigrades.

Ainsi obtenu, l'acide sulfureux est un liquide incolore, transparent, très-volatil, d'une pesanteur spécifique plus considérable que celle de l'eau, qui peut être exprimée par 1,45. Il entre en ébullition à la température de 10° centigrades au-dessous de zéro ; on peut cependant le conserver liquide assez long-temps, même sans le secours d'aucune pression, parce que la portion qui se volatilise absorbe assez de calorique pour abaisser la température du reste, fort au-dessous de son point d'ébullition.

Versé sur la main, il y produit un froid des plus vifs, et se volatilise complètement.

Lorsqu'on le verse dans l'eau à la température ordinaire, une portion se volatilise et l'autre s'y dissout ; mais à mesure que le liquide commence à se saturer, on voit l'acide se rassembler au fond du vase sous forme de gouttelettes, comme ferait une huile plus pesante que l'eau. Dans cet état, si on le touche avec l'extrémité d'un tube ou de tout autre corps, il se réduit en vapeur et occasione une espèce d'ébullition, la température de l'eau s'abaisse, et sa surface se recouvre d'une couche de glace ; la totalité même du liquide peut se congeler suivant les proportions relatives d'eau et d'acide.

Si l'on entoure de coton la boule d'un thermomètre à air, qu'on la plonge dans l'acide sulfureux et qu'on le

laisse ensuite s'évaporer spontanément à l'air, on observe (en faisant l'expérience à une température de 10° centigrades) une diminution de volume correspondante à — 57°; et si l'on place le thermomètre dans le vide de la machine pneumatique, pour opérer plus promptement la volatilisation de l'acide, l'on obtient facilement un froid de 68°. Il faut observer que le thermomètre à air est le seul qui puisse donner des indications précises pour l'évaluation de ces basses températures.

L'on voit, d'après ce qui vient d'être exposé, qu'il doit être facile d'obtenir la congélation de beaucoup de substances qui n'ont pu être solidifiées jusqu'ici, ou qui ne l'étaient qu'avec beaucoup de peine. Ainsi, pour congeler le mercure, il suffit d'entourer de coton une boule thermométrique, d'y verser de l'acide sulfureux et de l'agiter dans l'air : le mercure se congèle en quelques minutes.

Cette expérience réussit encore mieux en mettant un peu de mercure dans un godet, y ajoutant une petite quantité d'acide sulfureux, et plaçant le tout sous le récipient de la machine pneumatique où se fait le vide.

M. Bussy est parvenu, par l'évaporation de l'acide sulfureux dans le vide, à congeler l'alcool à 33° et au-dessous.

Il a également appliqué ce mode de refroidissement à la liquéfaction d'autres gaz plus difficiles à condenser que l'acide sulfureux : pour cela, il commence par dessécher le gaz qu'il veut condenser, en le faisant passer dans un tube contenant du chlorure de calcium; à ce tube est adapté un tube recourbé à angle droit; la branche horizontale porte une boule de verre mince qu'il entoure

de coton et qu'il arrose d'acide sulfureux; la branche verticale plonge de quelques centimètres dans le mercure. A mesure que le courant de gaz traverse la boule qui est refroidie, il s'y condense en liquide. Par ce procédé, l'auteur a condensé le chlore, l'ammoniaque et le cyanogène; ce dernier a été obtenu cristallisé et solide. Il se propose maintenant d'employer ces derniers corps à la condensation des gaz qui ont résisté au premier moyen, toujours à la faveur du froid qu'ils pourront produire en se volatilisant.

Sur *la Réaction du sulfure de carbone et de l'ammoniaque dissoute dans l'alcool; sur les combinaisons qui en résultent, et particulièrement sur un nouveau genre de sulfo-cyanures.*

Par M. William C. Zeise,
Professeur à l'Université de Copenhague (1).

L'analogie des corps sulfurés avec les corps oxidés paraît se constater de plus en plus : nous en trouvons des preuves nouvelles en étudiant les différens phénomènes produits par l'action du sulfure de carbone sur l'ammoniaque, et les combinaisons, au premier abord très-compliquées, qui en résultent.

---

(1) Traduction, par extrait, de deux Mémoires présentés à l'Académie royale des Sciences de Copenhague, l'un le 6 mai, l'autre le 11 octobre 1823, par l'auteur.

J'ai déjà annoncé, dans mon Mémoire sur l'acide hydroxanthique, que l'ammoniaque absorbée par l'alcool présente avec le sulfure de carbone des phénomènes particuliers. Des recherches ultérieures m'ont fait connaître qu'ils diffèrent en quelque sorte beaucoup de ceux que présente, dans les mêmes circonstances, la potasse. En effet, il ne se forme point d'hydroxanthate en employant de l'ammoniaque; mais il en résulte en même temps au moins deux autres sels, l'un contenant un nouvel acide que l'on peut regarder comme formé d'acide hydrocyanique sulfuré et d'hydrogène sulfuré; l'autre renfermant un sulfure double d'hydrogène et de carbone. *L'ammoniaque, ainsi que le sulfure, est donc décomposée dans cette action.*

I. *Observations préliminaires sur les phénomènes produits par la réaction de l'ammoniaque et du sulfure de carbone.*

1. Le sulfure de carbone se dissout promptement et abondamment dans l'alcool saturé de gaz ammoniac, en donnant une liqueur qui ne tarde pas à devenir d'abord jaune, ensuite brunâtre, tout comme cela arrive en employant une dissolution alcoolique de potasse; mais on y observe facilement ces deux différences : premièrement, que la liqueur ammoniacale *reste alcaline*, quelque grande que soit la quantité du sulfure ajouté, et quelque long que soit le temps pendant lequel ces deux corps se trouvent ensemble; tandis que la dissolution alcoolique de *potasse* est neutralisée par une addition convenable de sulfure; secondement, que, au bout de peu de temps, le mélange fait avec l'ammoniaque prend

l'odeur d'hydrogène sulfuré ; ce qui n'arrive pas non plus en employant la dissolution de potasse.

2. Si l'on met dans un flacon à gros goulot un mélange fait avec 15 à 17 mesures de sulfure de carbone, 45 mesures d'alcool et 100 mesures d'alcool saturé de gaz ammoniac sec (1), en faisant en sorte de presque remplir le flacon, et qu'ensuite le flacon étant bien bouché avec un bouchon de cristal, on laisse le mélange en repos à une température de 12 à 14°, on observera ce qui suit : au bout d'environ dix minutes, la liqueur est devenue d'un jaune qui passe, dans environ vingt minutes, au brun. Peu de temps après, on y aperçoit une multitude de petits cristaux plumeux, dont la plus grande partie se rassemble au fond du vase. Il s'attache en outre en petite quantité, au bouchon et à la partie des parois qui n'est pas couverte de liquide, une masse floconneuse de même nature que les cristaux. La quantité de ce corps cristallin s'augmente pendant une heure à une heure et demie. Après cela commence une cristallisation d'un autre aspect. En effet, on voit les cristaux se grouper plus distinctement, souvent en étoiles; ils ont alors plus d'éclat ; les faces en sont bien marquées, la forme en est prismatique : aussi la couleur est-elle un peu différente de celle des premiers cristaux. Cette seconde cristallisation se fait très-lentement en comparaison de la première ; elle est cependant achevée le plus souvent au bout de 30 à 40 heures : alors la longueur des cristaux

---

(1) Je me suis servi ordinairement d'alcool contenant 98 parties en volume d'alcool pur, et je l'ai saturé à une température d'environ 12°.

surpasse quelquefois celle d'un demi-pouce, et la quantité en est considérable : on trouve en même temps la masse de la première cristallisation plus ou moins diminuée; quelquefois elle a presque disparu.

Le sel qui se dépose le premier est la combinaison du sulfure double de carbone et d'hydrogène avec l'ammoniaque : je l'appelle souvent le *sel rougissant*, et je désigne le sel de seconde cristallisation par le nom d'*hydrosulfocyanate d'ammoniaque hydrosulfuré* (1).

3. La liqueur qui a cessé de donner des cristaux a une odeur d'hydrosulfate d'ammoniaque extrêmement forte, quelquefois mêlée d'un peu de celle d'acide hydrocyanique. Cette liqueur, étant décantée et soumise à la distillation à un feu très-ménagé, donne d'abord un liquide d'un brun jaunâtre, mêlé d'un corps solide jaune, confusément cristallisé. Lorsqu'on a tiré à-peu-près un tiers du liquide, la partie restante est sans couleur. En ôtant alors le feu, la liqueur décolorée donne par le refroidissement des cristaux aciculaires d'une longueur considérable et d'un blanc jaunâtre.

Le corps solide du récipient n'est que du sel rougissant, mêlé d'hydrosulfate d'ammoniaque, et le liquide dans lequel se trouve ce corps est une dissolution des mêmes substances. Les cristaux, dans la cornue, sont du soufre mêlé d'un peu de sulfure de cyanogène.

4. En décantant la liqueur qui a donné les cristaux de soufre, et la soumettant de nouveau à la distillation jusqu'à ce qu'il ne reste que peu de liquide, il se sépare

---

(1) La dénomination d'*hydrosulfocyanate* me paraît ici plus convenable que celle d'*hydrocyanate sulfuré*.

par le refroidissement une masse spongieuse et lamelleuse d'une couleur blanche ; quelquefois elle est mêlée de quelques cristaux de soufre. L'eau-mère est une dissolution de la même substance.

Cette substance se dissout facilement dans l'eau, et par conséquent on la sépare facilement du soufre. Les alcalis en dégagent de l'ammoniaque ; avec les sels de peroxide de fer elle donne une couleur rouge très-intense; avec le nitrate d'argent des flocons blancs ; un mélange de sulfate de fer oxidulé et de sulfate de deutoxide de cuivre en précipite une poudre blanche ; les sels de baryte n'y font point de précipité ; en un mot, *c'est de l'hydrosulfocyanate de M. Porret.*

5. Si l'on expose au contact de l'air la liqueur qui a produit dans des vases fermés du sel rougissant et de l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré d'ammoniaque, elle perd sa couleur en donnant, dans l'espace de 24 à 30 heures, des cristaux de soufre très-volumineux, mêlés d'un peu d'hyposulfite d'ammoniaque. Après cela, on trouve dans le liquide surnageant de l'hydrosulfocyanate d'ammoniaque ordinaire.

II. *Sur le Sel rougissant ou l'Hydrocarbosulfure d'ammoniaque.*

6. On obtient ce sel en très-grande quantité en employant la liqueur ammoniacale et le sulfure de carbone dans les proportions indiquées (§ II), sans y ajouter de l'alcool pur, et en exposant le mélange aussitôt qu'il sera fait à une température de 4 à 6° ; mais alors les cristaux sont si petits qu'ils ne forment qu'une poudre

cristalline. Pour l'avoir aussi exempt de matières étrangères qu'il sera possible, il faut décanter la liqueur au bout de trois quarts d'heure, et laver ensuite le résidu, à plusieurs reprises, avec de l'alcool pur.

7. La couleur de ce sel est primitivement d'un jaune assez clair; mais, *par le contact de l'air, elle passe avec une vitesse extrême au rouge.* Le sel devient en même temps humide et s'évapore peu à peu : c'est principalement l'eau de l'air qui produit le changement de couleur. Il n'est pas possible d'effectuer sa dessiccation directement à l'aide du papier sans qu'il commence à rougir; mais si, avant de le passer sur le papier, on le prive de l'alcool qui le mouille, en le lavant avec de l'éther sulfurique, et qu'ensuite on le comprime fortement entre des doubles de papier, il souffre le contact de l'air, sans altération sensible, pendant 5 à 6 minutes.

La réaction du sel rougissant est alcaline dans toutes les circonstances où il est possible de l'essayer; mais l'odeur ammoniacale s'augmente singulièrement par le contact de l'air. L'eau le dissout entièrement et très-promptement; il est beaucoup moins soluble dans l'alcool. La dissolution aqueuse est d'un rouge brun, pourvu qu'elle ne soit que peu étendue; en la délayant, elle passe au jaune.

8. Parmi les effets qui donnent des éclaircissemens sur la composition de ce sel, essayé aussitôt qu'il a été préparé, il faut remarquer que, dissous dans l'eau, il donne avec l'acide sulfurique ou hydrochlorique de l'hydrogène sulfuré en perdant sa couleur, et, dans l'espace de quelque temps, la dissolution est un peu troublée comme par du soufre; mais de nouvelles portions

d'acide restituent la limpidité. Je n'y ai point senti d'odeur sulfureuse : aussi cette odeur n'a-t-elle pas été remarquée en précipitant la dissolution avec un sel métallique convenable avant d'y ajouter l'acide; d'où il semble résulter que la dissolution *ne contient point d'acide hyposulfureux. Elle ne contient pas non plus d'acide carbonique*; car ni les sels de chaux ni ceux de baryte n'en sont point précipités. Elle produit un précipité rouge avec les sels de plomb, un précipité brun avec ceux de deutoxide de cuivre, un précipité jaune avec l'hydrochlorate de deutoxide de mercure. *Tous les précipités changent d'aspect en peu de temps*. Celui de plomb passe au noir, et les gros flocons qu'il présente d'abord sont transformés en une poudre. *Il se sépare en même temps du sulfure de carbone*. Le changement est produit sans l'influence de l'air; ce que l'on observe en gardant le précipité, après qu'on l'a rapidement lavé sous l'eau ou l'alcool, dans un flacon bien fermé. Desséché promptement au moyen de la machine pneumatique, et puis chauffé dans un tube recourbé, on en retire du sulfure de carbone et du sulfure de plomb; il s'élève aussi un peu de soufre, mais qui n'est probablement pas essentiel. La poudre noire produite par le changement spontané du précipité rouge se comporte, en l'échauffant, comme du sulfure de plomb.

De ces faits l'on peut donc conclure *que les précipités métalliques produits par le sel rougissant sont formés de sulfure métallique et de sulfure de carbone; d'où il suit que nous pouvons regarder le sel rougissant comme un composé d'ammoniaque et de sulfure double d'hydrogène et de carbone*. Ce sel ne contient point de

cyanogène sulfuré comme partie constituante ; ce qui le prouve, c'est qu'après avoir précipité une dissolution de ce sel par le nitrate de plomb, la liqueur restante n'indique pas ou n'indique que des traces d'acide hydrosulfocyanique en y versant de l'hydrochlorate de peroxide de fer. Si le sel ammoniacal a été précédemment chauffé avec une dissolution concentrée de potasse, le même procédé fait voir qu'il s'est formé de l'acide hydrosulfocyanique en très-grande quantité (1).

9. *On peut extraire le sulfure double du sel rougissant* en le jetant, sous forme d'une masse compacte, dans de l'acide sulfurique ou hydrochlorique peu étendu, et y ajoutant ensuite de l'eau en quantité convenable. Par ce procédé, le sulfure double s'obtient, presque sans dégagement de gaz hydrogène sulfuré, comme une huile d'un rouge brun, plus pesante que la liqueur aqueuse dans laquelle elle s'est formée; mais on ne réussit pas toujours aisément dans cette opération.

L'odeur du liquide huileux, quoique ressemblant à celle de l'hydrogène sulfuré, a pourtant quelque chose de particulier. Ce liquide ne se conserve que très-peu de temps,

---

(1) Le sel rougissant paraît analogue à la combinaison qu'a obtenue M. Berzelius en faisant arriver du gaz ammoniac dans des vapeurs de sulfure de carbone, mais laquelle n'a été, à ce qu'il paraît, que peu examinée. Ce sel rappelle aussi la matière rouge qu'on obtient en exposant l'hydroxanthate de potasse à une température peu élevée. (*Voyez* mon Mémoire sur l'Acide hydroxanthique, etc., *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXI, p. 166.)

même sous la liqueur aqueuse, de sorte qu'il est bien difficile de l'examiner à l'état de pureté. Cependant on peut observer qu'il a la propriété de décomposer les carbonates. En effet, qu'on le prive autant que possible de l'acide par lequel on l'a séparé, et que l'on y porte ensuite du carbonate de baryte à travers la liqueur surnageante, à l'instant même il se fera une effervescence, laquelle était presque nulle avant que le carbonate ne fût en contact avec le corps huileux. Il en résulte une combinaison de baryte soluble, ou plutôt peut-être une combinaison de barium; car il me paraît très-probable que l'alcali se réduit dans ce cas, malgré la présence de l'eau (conformément à l'hypothèse de M. Berzelius sur d'autres effets analogues), en donnant lieu à une combinaison de sulfure de barium avec du sulfure de carbone. *La dissolution qu'on obtient, même en employant le carbonate de baryte, est fortement alcaline.*

10. Le sel rougissant, renfermé avec de l'alcool dans un flacon bien bouché, se transforme, dans l'intervalle de 30 à 40 heures, en hydrogène sulfuré et en hydrosulfocyanate hydrosulfuré d'ammoniaque. Dans la suite de ce Mémoire, nous reviendrons sur cette transformation.

III. *Hydrosulfocyanate hydrosulfuré d'ammoniaque.*

11. Pour la préparation de ce sel, j'ai trouvé que les proportions indiquées § 2 sont assez convenables. Afin de l'obtenir aussi exempt que possible du sel rougissant, il faut laisser la liqueur sur la première cristallisation jusqu'à ce qu'elle ait commencé à donner de la

seconde (1) ; ce qui a lieu ordinairement au bout de deux heures. Il est bon de garder le mélange, pendant ces deux premières heures, dans un endroit d'une température de 16 à 17°, afin d'empêcher qu'il ne laisse déposer trop de sel rougissant, ce qui entraînerait une perte de l'autre sel. On décante la liqueur en la filtrant promptement avec du papier mouillé d'alcool, et on l'abandonne au repos dans un flacon à gros goulot, bouché à l'émeri. La température la plus convenable pendant les 10 heures consécutives est celle de 11 à 12° ; car, en faisant refroidir subitement la liqueur, il peut arriver qu'il se sépare de nouvelles portions de sel rougissant : vers la fin de la cristallisation, il est au contraire avantageux de diminuer la température. Au bout d'environ 30 heures, on décante la liqueur ; on lave les cristaux écrasés avec de petites portions d'alcool, jusqu'à ce que l'alcool de lavage soit presque sans couleur ; on met alors le sel sur du papier bien sec, et on le dessèche promptement par la compression. Cependant, si le sel est destiné à être conservé pendant quelque temps, il est bon d'achever la dessiccation au moyen de la machine pneumatique à la manière ordinaire.

12. Quant à l'extérieur de ce sel, je dois ajouter à ce qui a été dit plus haut que la couleur étant ordinairement d'un jaune clair, il se forme cependant, dans des circonstances particulières, surtout lorsque le mélange est très-étendu d'alcool, des cristaux d'une cou-

---

(1) Bien que le sel rougissant soit transformé avec le temps en hydrosulfocyanate hydrosulfuré, il n'est pourtant pas avantageux d'attendre ce changement lorsqu'il s'agit d'obtenir ce dernier sel aussi pur que possible.

leur plus foncée, qui ne paraissent pourtant pas essentiellement différens des autres. Dans l'exposition qui suit, j'ai toujours en vue le sel doué de la couleur jaune claire et préparé par le procédé indiqué.

13. Récemment préparé, il est presque sans odeur; mais, en le laissant pendant 2 à 3 heures en contact avec l'air moyennement humide, il prend une légère odeur d'hydrosulfate d'ammoniaque : seulement, lorsque l'air est très-chargé d'eau, il s'y amollit un peu. Il se dissout facilement et en grande quantité dans l'eau; mais la solubilité de ce sel n'est pas à beaucoup près si grande que celle de l'hydroxanthate d'ammoniaque. L'alcool le dissout, à la température ordinaire, beaucoup moins facilement que l'eau; mais l'action en est singulièrement augmentée par la chaleur. L'éther sulfurique n'en dissout que peu. Le pétrole ne semble avoir aucune action sur ce sel. La dissolution aqueuse très-chargée du sel est jaunâtre; un peu étendue, elle n'a pas de couleur.

14. *Il a tous les caractères d'un sel neutre* : seulement, après qu'on l'a gardé pendant quelque temps et qu'il a commencé à prendre l'odeur d'hydrogène sulfuré, sa réaction est plus ou moins alcaline (1). *Les acides plus ou moins forts ne font aucune effervescence avec ce sel*, à moins que l'acide lui-même ne soit décomposé; par exemple, en employant de l'acide nitrique. Une dissolution du sel n'est pas immédiatement troublée par les

(1) Le papier de tournesol fortement rougi par de l'acide sulfurique ou hydrochlorique devient ordinairement blanc par l'action de ce sel; ce qui tient probablement à une destruction de l'acide nouveau, chassé par l'acide du papier.

acides. *Les sels de chaux ou de baryte n'y font point de précipité. Les sels de deutoxide de cuivre y produisent un précipité jaune*, floconneux ; le nitrate d'argent très-étendu produit un précipité jaunâtre ; les sels de plomb et ceux de deutoxide de mercure y font un précipité blanc, également floconneux. Le précipité de cuivre conserve la couleur jaune, soit qu'il reste dans la liqueur, soit qu'on le mette en contact avec l'air. Celui d'argent ne tarde pas à passer au noir (1) ; il paraît même tout de suite avec cette couleur si les dissolutions ne sont pas très-étendues. Celui de plomb est bientôt transformé en une poudre noire ; il en est de même, mais plus lentement, du précipité mercuriel. En versant un sel de peroxide de fer dans une dissolution d'hydrosulfocyanate hydrosulfuré, les liqueurs mêlées se colorent en noir en donnant un précipité d'abord également noir, mais qui passe plus ou moins vite au blanc. Nous en verrons la cause plus bas.

15. Lorsqu'on met le précipité jaune de cuivre (obtenu

---

(1) Ces réactions ont beaucoup de ressemblance avec celles des hydroxanthates (*voyez* le Mémoire cité), d'ailleurs si différens des hydrosulfocyanates hydrosulfurés. Par rapport à l'hydroxanthate d'ammoniaque, il convient d'observer ici *a*) qu'on ne l'obtient que directement au moyen de l'acide hydroxanthique et du carbonate d'ammoniaque ; *b*) qu'il est sans couleur ; *c*) que les précipités produits par ce sel et les sels de plomb, ou ceux de deutoxide de cuivre, ou ceux de deutoxide de mercure, se conservent très-long-temps ; *d*) que ce sel d'ammoniaque peut être sublimé sans éprouver d'altération sensible.

par la précipitation de l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré avec un sel de deutoxide de cuivre) bien lavé en contact avec une dissolution de potasse, même très-faible, la couleur jaune est bientôt changée en brun noir; et après avoir chauffé un peu le mélange, le précipité jaune floconneux est tout entier transformé en une poudre noire. Examinant alors la réaction du liquide surnageant, on le trouve neutralisé, pourvu qu'on n'ait pas trop ajouté de potasse, et il se comporte avec les sels de peroxide de fer et les autres réactifs convenables comme l'hydrosulfocyanate de potasse ordinaire (c'est-à-dire, celui de M. Porret). Le corps pulvérulent, lavé et séché, est d'un noir un peu verdâtre. Chauffé au rouge dans un tube de verre fermé à l'une de ses extrémités, il donne du soufre en laissant un corps d'un gris noir et un peu luisant; en un mot, il se comporte comme du deuto-sulfure de cuivre.

L'eau seule est capable de faire subir par l'ébullition au précipité jaune de cuivre un changement semblable : il en résulte une dissolution d'acide hydrosulfocyanique ordinaire et du deuto-sulfure de cuivre. Si l'expérience se fait dans une cornue avec environ 25 parties d'eau sur une partie du précipité humide, en maintenant la distillation jusqu'à ce qu'il reste environ $\frac{2}{3}$ du liquide, la liqueur distillée n'est sensiblement que de l'eau pure; mais la liqueur de la cornue surnageant sur la poudre noirâtre présente fortement toutes les réactions de l'acide hydrosulfocyanique ordinaire.

Par ces effets, il est donc évident qu'on peut regarder le précipité jaune de cuivre comme un composé de *deuto-sulfure de cuivre et d'acide hydrosulfocyanique*

ordinaire. Nous verrons, dans la suite de ce Mémoire, que, dans la formation du précipité de cuivre, il s'est probablement décomposé deux atomes de sel ammoniacal sur un atome de sulfate ou hydrochlorate de deutoxide de cuivre; de sorte que 1 atome de deutoxide de cuivre (CuO^2), étant transformé par 2 at. de sulfure d'hydrogène ($2 H^2 S$) en deuto-sulfure de cuivre, celui-ci s'unit à 2 atomes d'acide hydrosulfocyanique ordinaire; tandis que l'acide du sel de cuivre se combine avec 2 atomes d'ammoniaque ($2 A H^6$); d'où il suit que *le précipité jaune de cuivre peut être représenté par* $CuS^2 + 2 Cyg S^2 H^2$, et *par conséquent le sel ammoniacal par* $Amc + Cyg S^2 H^2 + H^2 S$. Par cette théorie, on expliquera facilement presque tous les autres phénomènes que présente cette espèce de combinaison.

16. Une dissolution de l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré, à l'abri de l'air, ne paraît subir aucun changement, du moins dans l'espace de quatre jours; *mais dans l'air, elle laisse bientôt déposer des cristaux pyramidaux de soufre, souvent très-volumineux, et après cela la liqueur se comporte comme de l'hydrosulfocyanate ordinaire*, mêlé seulement d'un peu de soufre à l'état de dissolution, et peut-être encore d'un peu d'acide hyposulfureux. Ce changement est dû sans doute à ce que l'oxigène de l'air s'empare d'une portion de l'hydrogène en rendant libre une portion de soufre. Ordinairement la liqueur se trouve un peu acide après ce changement; ce qui provient peut-être de l'évaporation d'un peu d'ammoniaque et de la formation d'un peu d'acide hyposulfureux.

Si l'on expose à la chaleur une dissolution alcoolique

de l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré, bientôt elle se décompose, et l'on y trouve alors de l'hydrosulfate d'ammoniaque libre.

Lorsqu'on verse de l'eau sur du sel qui a été gardé pendant quelque temps, il reste une matière sulfureuse, et la dissolution donne la couleur rouge avec les sels de peroxide de fer. En s'altérant avec le temps, une partie du sel perd ordinairement la couleur jaune en passant au blanc.

17. Avec les acides, l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré présente des phénomènes qui varient selon les circonstances.

Si l'on verse de l'acide sulfurique ou hydrochlorique *étendu seulement d'environ deux parties d'eau* dans une dissolution de ce sel faite avec environ quatre parties d'eau, en ajoutant ensuite au mélange beaucoup plus d'eau, il se sépare au fond du vase, sans aucun dégagement de gaz, *un liquide oléagineux*, *translucide et incolore;* quelquefois seulement il est un peu opaque et coloré, ce qui a lieu probablement lorsqu'on n'a pas employé la proportion d'eau la plus convenable, ou lorsqu'on n'a pas assez promptement étendu le mélange. Dans la liqueur acide, le liquide huileux se conserve pendant quelque temps; mais en le lavant, il ne tarde pas à se détruire, ce qui m'a empêché de l'examiner exactement; mais c'est bien probablement la matière qu'on peut regarder comme l'acide du sel *ou l'acide hydrosulfocyanique hydrosulfuré* (1).

(1) Je n'ai pas non plus réussi à obtenir cet acide pour l'examiner, en ajoutant à l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré une dissolution d'acide sulfurique dans l'alcool.

En ajoutant au sel solide de l'acide sulfurique très-peu étendu, on obtient une matière blanche, d'un aspect gras, et qui ne se dissout pas dans l'eau, mais qui se décompose par l'influence de ce liquide.

Si l'on verse de l'acide sulfurique ou hydrochlorique *étendu de* 6 *à* 8 parties d'eau dans une dissolution du sel, faite avec 10 à 12 parties d'eau, il ne se manifeste d'abord aucun changement; mais au bout de quelques minutes le mélange commence à se troubler de bas en haut; en y ajoutant alors un peu d'eau, l'état trouble de la liqueur disparaît pour revenir ensuite de la même manière. Par une nouvelle quantité d'eau, la liqueur reprend sa limpidité pour se troubler de nouveau par le repos, et ainsi de suite nombre de fois, avec cette différence seulement que plus la liqueur est étendue, plus elle exige de temps pour se troubler. Une liqueur contenant une partie du sel dissoute dans environ 45 d'eau, et un grand excès d'acide sulfurique ou hydrochlorique très-étendu, conserve assez long-temps sa limpidité; mais par un repos de 20 à 24 heures, elle laisse déposer un liquide huileux *qui a l'odeur et les autres propriétés du sulfure de carbone. La liqueur surnageante, essayée par des réactifs convenables, se comporte alors comme un mélange de l'acide ajouté et du sel ammoniacal formé par ce même acide.* Cependant il est très-probable qu'il s'est produit en outre de l'acide hydrocyanique, et qu'il s'est séparé une portion de soufre, se trouvant à l'état de dissolution dans le sulfure de carbone déposé. En admettant cette hypothèse, l'action s'explique ainsi : l'acide ajouté en grand excès ne pouvant être neutralisé par

l'ammoniaque préexistante, en produit une nouvelle quantité (par son attraction pour les alcalis) en décomposant l'acide hydrosulfocyanique hydrosulfuré, de telle sorte que les élémens de deux atomes de celui-ci, savoir : 6 atomes de soufre, 4 atomes de carbone, 2 atomes (4 volumes) d'azote et 8 atomes d'hydrogène, sont disposés de manière à former : *a*) du sulfure de carbone $=4S+2C$, renfermant en outre $2S$ à l'état de dissotion ; *b*) de l'acide hydrocyanique $=2C+1A+2H$; et *c*) de l'ammoniaque $=1A+6H$.

Si l'on ajoute au mélange acide, avant qu'il n'ait commencé à se troubler, un sel de peroxide de fer à l'état de dissolution, bientôt il s'y forme une multitude d'écailles cristallines et blanches. J'en traiterai plus bas.

18. Les effets de la chaleur sur l'hydro-sulfocyanate hydrosulfuré d'ammoniaque à l'état solide, ont été opérés à l'aide d'un petit appareil distillatoire, muni d'un tube s'engageant sous le mercure. La chaleur étant d'environ 60°, le sel commence à se fondre avec effervescence en émettant une fumée blanche mêlée avec des gaz, et en même temps la couleur jaune du sel passe au blanc. Les vapeurs se condensent en grande partie dans le récipient. En poussant la température jusqu'à environ 150°, le dégagement de vapeurs et de gaz devient très-fort. Cette température étant maintenue pendant quelque temps, et puis élevée à environ 200°, la masse fondue commence à brunir. Bientôt après, le dégagement des matières volatiles se ralentit de plus en plus, et en même temps la masse restante commence à se solidifier, bien que la température soit augmentée ; de

sorte qu'*il reste, à la fin de l'opération, même à la température à laquelle le verre commence à rougir, un corps solide d'un jaune gris.*

Ce qui s'est condensé dans le récipient, lorsqu'on l'a maintenu bien froid pendant l'opération, consiste dans une masse confusément cristallisée, mêlée avec un liquide huileux en très-petite quantité. La plus grande partie de la masse solide est jaune, quelques parties seulement sont blanches. La partie jaune se comporte tout-à fait comme du sel rougissant précédemment décrit; ce qui est sans couleur est probablement de l'hydrocyanate d'ammoniaque. *Je n'y ai pu trouver ni du carbonate ni du sulfate :* d'où il paraît permis de conclure que le sel ne contient pas d'eau.

Le gaz produit par cette destruction est de l'hydrogène sulfuré, mêlé sans doute avec du cyanogène et de l'azote. *Il n'a pas la plus légère odeur d'ognon, produite par la destruction des hydroxanthates.*

19. On voit facilement que la masse jaunâtre, résistant à une chaleur très-forte, doit être un composé particulier, et non pas du soufre : c'est ce que prouvent encore quelques-unes des propriétés suivantes de ce résidu. Il n'est que faiblement attaqué en le faisant bouillir avec une dissolution de potasse; mais, en maintenant l'ébullition jusqu'à siccité et versant ensuite de l'eau sur la masse fortement calcinée, on obtient une dissolution *qui réagit fortement comme de l'hydrosulfocyanate de potasse ordinaire.* Par conséquent, ce résidu doit contenir, outre le soufre, du carbone et de l'hydrogène. *Il ne s'enflamme que très-difficilement*, soit qu'on l'échauffe simplement dans l'air, soit qu'on l'introduise directement

blanche; elle devient graduellement verte. En moins d'un jour, un précipité vert-bleuâtre paraît dans le fond du vase, et va en augmentant constamment, en même temps que la surface du cuivre se corrode, paraissant rouge dans l'eau et d'un vert d'herbe lorsqu'elle est en contact avec l'air. Du carbonate de soude se forme graduellement sur cette matière d'un vert d'herbe; et ces changemens continuent jusqu'à ce que l'eau devienne beaucoup moins saline.

Le précipité vert, lorsqu'il est examiné par la solution d'ammoniaque et d'autres réactifs, paraît être formé principalement d'un composé insoluble de cuivre (qui peut être regardé comme un sous-muriate hydraté), et d'hydrate de magnésie.

Selon les vues que j'ai développées, il y a quatorze ans, sur la nature des composés du chlore, et qui à présent sont généralement adoptées, il est évident que la soude et la magnésie ne peuvent paraître dans l'eau de mer par l'action d'un métal, à moins que ce ne soit par suite d'une absorption ou d'un transport d'oxigène. Il était donc nécessaire pour ces changemens ou que l'eau fût décomposée, ou que l'oxigène fût absorbé de l'atmosphère. J'ai trouvé qu'il ne se dégageait pas d'hydrogène, et conséquemment que l'eau n'avait pas été décomposée : il faut donc que l'oxigène de l'air ait été le principal agent; ce qui m'a été démontré avec évidence par plusieurs expériences.

Le cuivre ne subit aucun changement dans l'eau de mer privée d'air par l'ébullition ou le vide, et tenue à l'abri de l'air ou dans une atmosphère de gaz hydrogène; mais il y a absorption d'oxigène lorsque le cuivre et l'eau de

mer sont exposés à l'action de l'air dans des vases fermés.

Dans ma lecture bakérienne de 1806, j'ai avancé l'hypothèse que les changemens chimiques et électriques peuvent être identiques ou dépendans de la même propriété de la matière ; j'ai ensuite développé cette hypothèse dans un ouvrage élémentaire sur la chimie publié en 1812. D'après cette manière de voir, qui a été adoptée par M. Berzelius et d'autres savans, j'ai démontré que les attractions chimiques peuvent être exaltées, modifiées ou détruites par des changemens dans l'état électrique des corps; que ceux-ci ne se combinent que lorsqu'ils sont dans des états électriques différens, et qu'en mettant artificiellement un corps électrisé positivement dans un état négatif, ses pouvoirs ordinaires de combinaison sont entièrement détruits; et ce fut par l'application de ce principe que, en 1807, je séparai les bases des alcalis de l'oxigène avec lequel elles étaient combinées, et enfin, que je décomposai d'autres corps qu'on avait regardés avant comme simples. C'est en raisonnant d'après cette hypothèse générale que j'ai été conduit à la découverte qui est le sujet de ce Mémoire.

Le cuivre est un métal faiblement positif dans l'échelle électro-chimique, et, suivant mes idées, il ne doit agir sur l'eau de mer que lorsqu'il est dans un état positif; par conséquent si on le rendait légèrement négatif, l'action corrosive de l'eau de mer sur lui serait nulle; et quelles que fussent les différences entre les espèces de feuilles de cuivre et leur action électrique l'une sur l'autre, on pourrait empêcher tout effet chimique si leur surface entière était rendue négative. Mais com-

ment peut-on l'effectuer ? J'ai pensé d'abord à me servir d'une batterie voltaïque ; mais ce moyen serait difficilement applicable dans la pratique. Je pensai ensuite au contact du zinc, de l'étain ou du fer ; mais je fus pendant quelque temps empêché de faire cette épreuve par le souvenir que, dans la batterie voltaïque, le cuivre, aussi-bien que le zinc, est dissous par l'acide nitrique affaibli, et par la crainte qu'une masse trop grande de métal oxidable ne fût nécessaire pour produire des résultats décisifs. Cependant, après avoir réfléchi quelque temps sur l'action lente et faible de l'eau de mer sur le cuivre, et la petite différence qui doit exister entre leurs pouvoirs électriques, et sachant qu'une action chimique très faible serait détruite par une force électrique aussi très-faible, je résolus de faire quelques expériences sur ce sujet. Je pris d'abord un cas extrême. Je rendis l'eau légèrement acidule par de l'acide sulfurique, et j'y plongeai un morceau de cuivre poli auquel était soudé un morceau d'étain égal environ au vingtième de la surface du cuivre. Examiné trois jours après, le cuivre se trouva parfaitement propre, tandis que l'étain avait été corrodé rapidement. On n'aperçut aucune teinte bleuâtre dans le liquide, quoique, dans une expérience comparative, où *le cuivre seul* fut plongé dans l'eau de mer, il y eut une corrosion considérable sur sa surface et une teinte bleue distincte dans le liquide.

Puisqu'un vingtième d'étain de la surface du cuivre empêchait l'action de l'eau de mer rendue légèrement acidule par l'acide sulfurique, je n'eus plus de doute qu'une quantité beaucoup plus petite ne rendît parfaitement

nulle l'action de l'eau de mer, qui ne dépend que de l'oxigène de l'air commun qu'elle renferme. En employant $\frac{1}{200}$ d'étain, j'ai trouvé que son effet de prévenir la corrosion du cuivre était parfaitement décisif. Ce résultat général étant obtenu, je fis immédiatement un certain nombre d'expériences, dans la plupart desquelles je fus aidé par M. Faraday, pour déterminer toutes les circonstances liées avec la conservation du cuivre par un métal oxidable. J'ai trouvé que, quoique l'étain fût placé au milieu, dans le haut ou dans le bas de la feuille de cuivre, les effets étaient les mêmes ; mais après une semaine ou dix jours, l'action défensive de l'étain avait été altérée par une couche de sousmuriate qui s'était formée et qui préservait l'étain de l'action du liquide.

Avec le zinc, le fer, ou la fonte, on n'observa aucune diminution d'effet. Le zinc occasiona seulement dans l'eau de mer un nuage blanc qui s'affaissa promptement au fond du vase dans lequel on faisait l'expérience. Le fer donna lieu à un précipité orange foncé ; mais après quelques semaines, on ne trouva pas dans l'eau la plus petite portion de cuivre, et bien loin que sa surface fût corrodée, on remarquait dans plusieurs endroits du zinc ou du fer réduit.

En poursuivant ces recherches, et en les appliquant à chaque forme et réunion possibles des feuilles de cuivre, les résultats furent les plus satisfaisans. Un morceau de zinc gros comme un pois ou la pointe d'un petit clou de fer, étaient tout-à-fait suffisans pour conserver quarante ou cinquante pouces carrés de cuivre, et cela en quelque endroit qu'ils fussent placés, soit au haut, au bas ou dans le milieu de la feuille de cuivre, et soit que celle-ci

fût droite, ou pliée, ou tournée en spirale. Lorsque la réunion de différentes pièces de cuivre était effectuée par des fils de métal, ou par de minces filamens d'un quarantième ou d'un cinquantième de pouce en diamètre, l'effet était le même. Chaque côté, chaque surface, chaque petite partie de cuivre conservait son éclat, tandis que le fer ou le zinc étaient lentement corrodés.

Un morceau d'une feuille de cuivre contenant sur ses deux surfaces environ soixante pouces en carré, fut coupé de telle manière que l'on en forma sept divisions, jointes ensemble par les plus petits filamens qu'il fût possible d'y laisser, et une masse de zinc d'un cinquième de pouce en diamètre fut soudée à la division supérieure, et le tout plongé dans l'eau de mer : le cuivre resta parfaitement poli. La même expérience fut faite avec le fer; et, dans ce moment, après l'espace d'un mois, le cuivre est aussi brillant que lorsqu'il avait été mis en expérience; tandis que des morceaux semblables de cuivre non défendu ont éprouvé, dans la même eau de mer, une corrosion considérable, et ont produit une grande quantité d'un dépôt vert dans le fond du vase.

Un morceau d'un clou de fer long à-peu-près d'un pouce, fut lié par un bout de fil de cuivre d'à-peu-près un pied de long, à une feuille de cuivre contenant environ quarante pouces carrés, et le tout fut plongé dans l'eau de mer : on trouva, après une semaine, que le cuivre avait été défendu par le fer de la même manière qu'il l'avait été par un contact immédiat.

Un morceau de cuivre et un de zinc, soudés ensemble à une de leurs extrémités, furent plongés en arc dans

deux vases différens d'eau de mer, et les deux portions d'eau furent mises en communication par une petite masse d'étoupes humectée de la même eau : l'effet de la conservation du cuivre eut lieu de la même manière que si les deux métaux eussent été dans le même vase.

Comme l'Océan peut être considéré, relativement à la quantité de cuivre d'un vaisseau, comme un conducteur infiniment étendu, j'essayai de confirmer si cette circonstance aurait quelqu'influence sur les résultats, en plaçant deux fils de cuivre très-fins, un sans défense, l'autre défendu par une particule de zinc, dans un très-grand vase d'eau de mer, laquelle eau pouvait être considérée comme étant dans le même rapport à une si petite portion de métal que la mer au doublage d'un vaisseau. Les résultats de cette expérience furent les mêmes que les autres : le cuivre défendu n'éprouva aucun changement, et celui qui ne l'était pas se ternit et déposa une poudre verte.

De petits morceaux de zinc furent soudés à différentes parties d'un grand morceau de cuivre, et le tout plongé dans l'eau de mer : on trouva que le cuivre était préservé de la même manière que si l'on n'eût employé qu'une seule pièce.

Un petit morceau de zinc fut fixé au haut d'un morceau de cuivre, et un morceau de fer beaucoup plus gros fut soudé au bas, et le tout placé dans l'eau de mer. Non-seulement le cuivre fut préservé des deux côtés de la même manière que dans les autres expériences, mais même le fer; et, après une quinzaine de jours, le poli du cuivre et celui du fer n'étaient point altérés.

Je continue ces recherches, et je communiquerai à la

Société royale celles d'entre elles qui donneront des résultats nouveaux.

Les lords-commissaires de l'Amirauté, avec leur zèle accoutumé à diriger les applications des sciences vers les intérêts de la navigation, m'ont donné la permission de déterminer la valeur pratique de ces résultats par des expériences sur des vaisseaux de guerre; et il y a toute raison d'attendre (à moins que des causes qu'il est impossible aujourd'hui de prévoir ne s'y opposent) que de petites quantités de zinc, ou, ce qui est moins coûteux, de fer ou de fonte, placées en contact sur le doublage en cuivre des vaisseaux, qui est tout entier dans une connexion électrique, empêcheront tout-à-fait sa corrosion. Comme l'électricité négative ne peut être supposée favorable à la vie des animaux et des végétaux; qu'elle occasione la précipitation de la magnésie (substance très-nuisible aux végétaux terrestres) sur la surface du cuivre, et qu'elle doit contribuer à conserver son poli, il y a de grands motifs d'espérer que la même application conservera propre le doublage des vaisseaux; circonstance d'une grande importance tant pour les vaisseaux de commerce que pour ceux de guerre.

Il n'est point nécessaire de m'attacher aux résultats économiques de cette découverte si elle réussit dans la pratique, ou de faire remarquer son utilité dans cette grande contrée maritime et commerçante.

Je pourrais décrire d'autres applications du même principe à la conservation du fer, de l'acier, de l'étain, du cuivre et d'autres métaux utiles; mais je réserve cette partie du sujet pour une autre communication à la Société royale.

EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 1er *mars* 1824.

LE Ministre de la Marine envoie des échantillons de charbon de terre dans lequel il s'est opéré une combustion spontanée dans l'arsenal de Brest. Il invite l'Académie à faire rechercher la cause de ce phénomène.

M. Paulet adresse à l'Académie sa traduction, encore manuscrite, de l'*Histoire des Plantes* de Théophraste.

M. Cuvier lit un Mémoire intitulé : *Nouvel Examen d'un animal fossile des schistes de Solenhoffen, qui paraît appartenir à la classe des reptiles et qui a été nommé* plerodactyle.

M. Jomard lit une Note *sur les Découvertes récentes faites en Afrique.*

M. Becquerel lit le Mémoire, que nous avons déjà imprimé, *sur les Actions magnétiques produites dans tous les corps par l'influence des courans électriques très-énergiques.*

M. Paixhans rend compte des expériences récemment faites à Brest sur son nouveau système d'artillerie.

M. Fresnel, au nom d'une commission, fait un rapport sur un perfectionnement de l'hygromètre de Saussure proposé par M. Babinet.

(On nous a promis un dessin du nouvel instrument ; nous le publierons avec le rapport.)

Séance du lundi 8 *mars.*

M. Bulle de Besançon envoie à l'Académie un Mémoire manuscrit intitulé : *Système rotatif rayonnant.*

M. Bussy fait part à l'Académie des moyens qu'il a employés pour liquéfier le gaz acide sulfureux.

Mademoiselle Sophie Germain adresse un Mémoire manuscrit *sur les Effets qu'exercent les épaisseurs plus ou moins grandes des plaques sonores dans leurs vibrations.*

M. Pouillot présente un Essai *sur l'Oscillation des eaux de la mer.*

M. Poncelet, capitaine du Génie, présente un ouvrage manuscrit intitulé : *Sur les Centres et Moyennes harmoniques, pour faire suite au Traité des propriétés projectives des figures.*

M. Desfontaines fait un rapport très-favorable sur le Mémoire de M. Auguste Saint-Hilaire intitulé : *Monographie des genres* Sauvagia *et* Lavradia.

M. Humboldt annonce que les sciences viennent de perdre M. Bowdich, qui a succombé, le 10 janvier, sur les bords de la Gambie, durant un voyage entrepris pour l'intérêt de la géographie et de l'histoire naturelle.

M. Fresnel fait un rapport verbal sur la théorie des couleurs, de M. Opoix : cette théorie ne paraît mériter aucune attention.

M. Moreau de Jonnès lit de *Nouvelles Recherches sur le Trigonocéphale fer de lance ou grande vipère des Antilles.*

M. Cagniard de La Tour dépose sur le bureau un manuscrit contenant l'exposé de ses nouvelles recherches sur le gaz acide carbonique et d'autres substances gazeuses qu'il obtient à l'état liquide. Il met sous les yeux de l'Académie divers produits résultant de ses expériences.

M. Dulong, au nom d'une commission, fait le rapport que nous avons imprimé dans le précédent Cahier, sur les moyens de mesurer la conductibilité électrique, proposés par M. Rousseau.

Séance du lundi 15 mars.

M. Payen envoie une analyse de la racine de topinambourg.

M. Bussy annonce que les moyens à l'aide desquels il avait liquéfié le gaz acide sulfureux ont également rendu liquides le chlore, le cyanogène, l'ammoniaque.

M. Moreau de Jonnès met sous les yeux de l'Académie les petits prêts à naître, du trigonocéphale fer de lance.

L'Académie apprend avec beaucoup de satisfaction que M. de Jussieu est en pleine convalescence.

M. Fresnel, au nom d'une commission, fait un rapport sur un instrument que M. Thilorier avait d'abord destiné au travail des miroirs de télescope, mais qu'il borne maintenant à l'exécution des miroirs paraboliques et elliptiques en cuivre employés dans les expériences de physique. Sous ce point de vue, le Mémoire a paru digne de l'approbation de l'Académie.

M. Geoffroy-Saint-Hilaire lit un Mémoire *sur le Système osseux comme donnant les indications les plus certaines des affinités zoologiques, et sur les causes présumées de cette supériorité de témoignage.*

M. Latreille lit l'extrait d'un Mémoire qu'il a composé *sur la Géographie de l'Afrique centrale.*

M. Mongez commence la lecture d'un Mémoire *sur les Arbres appelés par les Romains* citrus *et* citrum.

M. le baron Blin lit des Recherches *sur la Théorie du son et des vibrations.*

Séance du lundi 22 mars.

Le Ministre de l'Intérieur adresse à l'Académie un Rapport du Sous-Préfet d'Embrun *contenant les observations qu'il a faites dans un voyage à Chamouni.*

M. Magendie communique le résultat d'expériences qu'il a faites sur le sens de l'odorat. Il annonce que ce sens n'est pas entièrement détruit par la section du nerf olfactif; il expose aussi les effets variés qui résultent de la section des nerfs de la cinquième paire.

M. de Freycinet donne lecture d'une lettre de M. Duperrey, datée d'O-Taïti, et dans laquelle cet officier annonce la découverte de quatre îles nouvelles, près de l'archipel Dangereux.

M. Percy fait un rapport sur le nouveau moyen de détruire la pierre, proposé par le D[r] Civiale.

Ce médecin fait pénétrer une sonde droite dans l'urètre et dans la vessie. Cette première sonde en renferme une deuxième, également d'argent, droite et creuse comme elle, et portant, à son extrémité, trois branches à ressort, qui sont très-rapprochées tant que la sonde principale qui leur sert de gaîne les renferme; mais quand on les pousse en dehors, elles se séparent et forment comme une espèce de cage dans laquelle on parvient, plus ou moins vite, à faire entrer la pierre, sur laquelle l'opérateur ferme cette cage aussitôt, en retirant la sonde à lui.

La deuxième sonde renferme, à son tour, un long stylet d'acier qui se termine, du côté de la vessie, entre

les serres de la pince, par une petite scie circulaire, un carlet, une lime en fraise, etc., selon les circonstances. Quand la pierre est bien fixée, on pousse contre elle le stylet mobile, et, au moyen d'une poulie dont il est pourvu à son extrémité extérieure, d'un tour d'horloger sur lequel on le monte, et d'un archet à corde à boyau, on le fait tourner comme si l'on voulait percer une plaque de métal; on entend aussitôt le bruit sourd du broiement ou du brisement qui s'opère sur le calcul. Une mixtion spontanée ou une injection d'eau tiède dans la vessie termine ordinairement la séance, et fait rejeter par l'urètre, qu'a dilaté la grosse sonde, des fragmens plus ou moins nombreux et plus ou moins considérables du calcul.

Ce procédé a été mis en pratique pour la première fois devant les commissaires de l'Académie, le 13 janvier dernier, sur un individu nommé Gentil, âgé de trente-deux ans. Le 3 février, jour de la troisième opération, la délivrance du malade fut complète; la douleur avait été presque nulle; le sieur Gentil s'était toujours rendu à pied chez M. Civiale.

Le nommé Laurent, de Rheims, est le second patient que M. Civiale ait traité. La pierre fut broyée avec un égal succès : elle avait pour noyau un haricot blanc.

Le troisième et dernier exemple dont les commissaires de l'Académie aient été témoins, est celui du sieur Peros, qui avait une pierre grosse comme un œuf de pigeon : sa destruction complète fut opérée par les mêmes moyens.

M. Gay-Lussac lit, au nom du Dr Liebig et au sien,

le Mémoire *sur le Fulminate d'argent*, que nous avons déjà publié.

M. Serulas, pharmacien, lit un Mémoire *sur un nouveau Composé d'iode, d'azote et de carbone.*

Observations *sur l'Analyse des tubercules de l'helianthus tuberosus.*

Par M. Payen.

J'ai eu l'honneur d'adresser à l'Académie des Sciences, le 15 mars 1824, un Mémoire contenant l'analyse des tubercules de l'*helianthus tuberosus*, et d'en entretenir la Société philomatique dans la séance suivante; j'en ai lu un extrait à la Société de Pharmacie, et j'ai signalé les nouvelles applications économiques que j'avais découvertes à la Société royale d'Agriculture de Paris. M. de Challan, l'un de ses membres, en a fait mention dans la séance annuelle générale. J'ai communiqué mes résultats à plusieurs savans et manufacturiers étrangers, entr'autres à MM. Mistcherlich, Rose et Hempel de Berlin, le prince Gargarin et M. Needhardt de Russie; enfin, MM. Vauquelin et Chaptal ont fait un rapport favorable sur ce Mémoire.

La rapidité de nos relations est telle aujourd'hui que les moindres travaux annoncés dans un procès-verbal des séances de l'Académie des Sciences se répandent en quelques jours, non-seulement en France, mais chez des peuples voisins, et bientôt dans tout le monde savant.

Il est très-probable cependant que M. Braconnot n'a

pas eu connaissance de mon Mémoire sur les *topinambours,* puisque ce savant chimiste n'en dit rien dans l'analyse qu'il a faite des mêmes tubercules, et qu'il vient de publier dans les *Annales de Chimie,* plus de deux mois après que les résultats de mon analyse ont été annoncés à l'Institut (1).

Je crois donc devoir réclamer la priorité relativement aux substances que nous avons rencontrées l'un et l'autre; je présenterai quelques faits qui peuvent éclaircir des points sur lesquels nous différons; j'ajouterai des détails analytiques utiles pour mieux caractériser plusieurs substances; enfin, j'extrairai encore de mon Mémoire quelques données sur les applications économiques nouvelles que j'ai déduites de mon analyse, et qui ne sont pas venues à la pensée de M. Braconnot.

Le suc des topinambours récemment extrait (à l'aide d'une râpe et d'une presse) est d'une *densité égale à* 1099, tandis que celle du jus de betteraves venues dans le même terrain n'est que de 1050, et que généralement en France ce jus (des betteraves) ne dépasse guère 1060. Le suc frais des topinambours s'écoule très-difficilement au travers d'un filtre de papier, et bientôt la filtration cesse complètement. M. Braconnot, à qui ces caractères physiques ont échappé, dit que la chaleur ne donne pas d'indice de la présence de l'albumine; le jus sur lequel il a opéré avait sans doute subi quelque

---

(1) Nous devons à la vérité de déclarer qu'il y a bien plus de deux mois que M. Braconnot nous a adressé son Mémoire; c'est uniquement l'abondance des matières qui nous avait empêché de l'imprimer plus tôt. (R).

altération : en effet, si l'on chauffe le suc frais de topinambour, il se trouble aux approches de l'ébullition, et lorsqu'elle se détermine, l'écume montée à la surface se sépare en gros caillots bruns-grisâtres. Le liquide est devenu parfaitement limpide et jaunâtre, de brun fauve et louche qu'il était, même au sortir du filtre. La matière *albumineuse* est si abondante qu'elle suffit pour *clarifier* diverses solutions végétales, mêlées de charbon en poudre impalpable, et une quantité de ces solutions égale à cinq fois le poids du jus de topinambour.

Le suc, clarifié par la chaleur et rapproché rapidement, conserve sa diaphanéité et donne un sirop sucré : les flocons albumineux, séparés par la chaleur, épuisés à l'eau froide, puis bouillante, desséchés et traités par l'alcool jusqu'à épuisement, ont donné des solutions qui, distillées, ont laissé en résidu une substance jaunâtre, membraneuse, insoluble dans l'eau. Cette substance, lavée à l'eau bouillante, est devenue blanchâtre ; séchée, elle acquiert une consistance analogue à celle de la cire; elle est composée d'une matière azotée, d'acide phosphorique, d'une matière grasse et de traces de résine.

Les flocons albumineux épuisés par des lavages à froid et à chaud d'eau et d'alcool donnent à la distillation tous les produits des matières animales et des traces de soufre; traités par la potasse, ils donnent une solution visqueuse, qui précipite abondamment par la noix de galle et l'acide nitrique; le chlore la trouble et y détermine un précipité au bout de deux heures. La pulpe fraîche de topinambour distillée dans l'eau donne un liquide blanc laiteux, qui tient en solution et présente en pel-

licules à sa surface une *huile essentielle* bien caractérisée, semblable à celle des dahlias.

L'osmazôme que j'ai observée dans les topinambours, et que M. Braconnot n'y a pas rencontrée, a *été* remarquée par M. Chevreul. Ce savant chimiste se propose de rechercher si cette matière préexiste dans les topinambours, ou est formée pendant l'analyse.

Sucre. Ce principe, en grande abondance dans les topinambours, que je n'avais pu obtenir parfaitement pur ni cristallisé, résultats que présente aussi l'analyse de M. Braconnot, mais que je ne regarde pas comme définitifs, a cependant fixé mon attention.

C'est en effet à ce sucre incristallisable que le jus de topinambour doit sa plus grande densité. Si l'on y ajoute la dahline en partie dissoute dans ce jus, on conçoit qu'il puisse donner une grande quantité d'alcool, et même que les topinambours soient susceptibles de subir directement la *fermentation alcoolique*. Cette conclusion, que j'ai dû tirer de mon analyse, m'a conduit à de nouvelles expériences dont les premiers résultats promettent de grandes applications économiques, et, sous ce rapport, m'ont paru dignes de fixer un instant l'attention de l'Académie. C'est aussi sous ce point de vue particulièrement que MM. Vauquelin et Chaptal ont dit dans les conclusions de leur rapport que cette analyse était intéressante.

J'ai fait voir que la pulpe des topinambours, mélangée avec une petite quantité de levure, et placée dans une étuve chauffée à 25 degrés, fermente très-activement, et au bout de quarante-huit heures seulement donne un liquide vineux très-fort, dont la densité est réduite à

1 degré Beaumé ou 10066 (de 14° ou 10995 qu'elle était avant la fermentation), et donne 0,08 à 0,09 d'alcool pur. Si l'on suppose, de plus, avec plusieurs agronomes distingués, que le produit en poids des tubercules des topinambours, à surface égale de terrain, est de deux à trois fois plus considérable que celui des pommes de terre; que les tiges de l'*helianthus tuberosus* fournissent une abondante nourriture aux bestiaux, et que les parties les plus dures donnent, en général, par leur incinération, une assez grande quantité de potasse, il devient probable que les topinambours offriront dans beaucoup de localités de grandes ressources au cultivateur, et produiront de l'alcool à meilleur marché que toutes les autres plantes.

La dahline que j'ai extraite des topinambours est absolument identique avec celle que j'avais rencontrée dans les tubercules des dahlias. M. Braconnot est arrivé aux mêmes résultats; il ajoute que plusieurs des caractères que j'avais assignés à ce principe immédiat appartiennent aussi à l'inuline, dont on ne connaissait d'ailleurs qu'un très-petit nombre de propriétés; il en conclut que cette substance est la même dans les trois végétaux de la famille des astérées: cela est possible et me paraît assez probable: M. Pelletier en avait déjà fait l'observation à la Société philomatique: cependant on n'a pas reconnu dans l'inuline plusieurs des propriétés de la dahline, entre autres une qui me paraît remarquable, de former avec plusieurs acides, et notamment avec l'acide phosphorique, un sucre très-sucré. En rapprochant ces derniers faits (observés dans l'analyse des dahlias) des données que j'ai obtenues en analysant les topinam-

bours, on arrive à cette induction assez curieuse : que dans l'acte de la végétation le sucre des topinambours peut être formé par la réaction de l'acide phosphorique sur la dahline : ainsi dans ces tubercules la fécule serait convertie en matière sucrée, tandis que dans la végétation des graines céréales la matière sucrée se développe d'abord, et se convertit par la maturation en fécule amilacée. Je me propose de vérifier cette hypothèse autant que possible, en déterminant les proportions de matières sucrées et de dahline dans les diverses époques de la végétation des topinambours.

M. Braconnot dit que l'acide sulfurique concentré dissout la dahline en se colorant en brun, et que l'ammoniaque la précipite. Je fais observer que la coloration en brun résulte, dans ce cas, d'une altération de la dahline, altération qui augmente rapidement au point de ne plus laisser dans le liquide, devenu d'un noir très-intense, que du charbon très-divisé.

La dahline se dissout difficilement dans l'eau froide, mais cela tient à la cohésion ; il ne me semble pas qu'on puisse en conclure qu'elle est *presque insoluble*. En effet, une solution faite à la température de 100°, de 6 gram. de dahline dans 100 gram. d'eau, reste plus de cinquante heures refroidie à 15 degrés sans rien déposer, tandis que si l'on fait évaporer la solution à pellicule ou presqu'à siccité à une chaleur ménagée, la dahline obtenue en résidu ne se dissoudra pas dans 1000 gram. d'eau.

Il est vrai qu'il n'est pas nécessaire que la solution de dahline soit rapprochée presque jusqu'à pellicule pour laisser précipiter cette substance dans l'espace de quarante-huit heures ; mais cela est nécessaire, ainsi que

je l'ai dit, pour que le précipité ait lieu en masse, aussitôt que la température est abaissée à 15 degrés, et d'ailleurs la proportion qu'indique M. Braconnot de 4 parties d'eau pour une de dahline n'est pas fort éloignée de celle où la pellicule se forme : celle-ci est de 3 parties d'eau pour une de dahline.

L'apparence *cornée* ou d'*un blanc mat* que peut prendre la dahline se modifie à volonté. La première s'obtient en la faisant précipiter très-divisée dans l'eau, et la desséchant à une température de 100 degrés en couche mince. La deuxième se produit en ajoutant de l'alcool au précipité avant de le faire dessécher, ou en le séchant en masse et lentement.

La matière huileuse, que M. Braconnot paraît avoir reconnue à ses caractères extérieurs seulement, contient une substance végétale azotée et deux matières grasses : j'ai fait pour les isoler les expériences suivantes.

Cette matière huileuse, lavée à l'eau froide, puis bouillante, a cédé une matière azotée ; traitée ensuite par un excès de solution de baryte, elle s'est agglomérée en une masse pâteuse, tenace ; le mélange, évaporé à siccité, délayé dans l'alcool bouillant à plusieurs reprises, a donné des solutions alcooliques et un dépôt insoluble.

Traitement des solutions alcooliques. Réunies et distillées, il s'en est séparé des pellicules blanchâtres, opaques, qui sont devenues jaunâtres et diaphanes, d'une odeur rance particulière, très-prononcée. Lavée à grande eau et triturée avec une solution concentrée de potasse, cette matière a pris de la consistance, et s'est agglomérée en pâte ductile peu soluble ; traitée par l'a-

cide hydrochlorique étendu, la matière pâteuse précipitée au fond du vase a été peu à peu attaquée à l'aide de la chaleur; toute la potasse s'est dissoute, et la matière grasse, entièrement dégagée, est venue en gouttelettes jaunâtres surnager sur le liquide. Cette matière grasse, lavée à l'eau froide, puis bouillante, est restée transparente, jaunâtre, d'une odeur rance, fluide à 16° centig., tachant le papier à la manière des corps gras, soluble dans l'alcool, formant avec la potasse un savon gélatineux soluble à chaud dans un excès de potasse, etc.

Traitement du dépôt insoluble dans l'alcool. L'acide hydrochlorique affaibli a dissous la baryte et séparé une substance spongieuse plus légère que le liquide; recueillie sur un filtre, bien lavée et séchée, elle a été dissoute dans l'alcool; la solution, filtrée et évaporée, a laissé en résidu une substance qui s'est dissoute dans la solution de potasse; celle-ci, étendue et filtrée, était un peu louche; quelques gouttes d'acide hydrochlorique ont rendu tout le liquide laiteux, blanc et opaque; celui-ci, chauffé à 75 degrés pendant deux heures, s'est peu à peu éclairci en laissant monter à sa surface une matière huileuse en une couche jaunâtre translucide. Cette matière, lavée, avait une odeur rance, tachait le papier comme les corps gras, acquérait, à 16 degrés centigr., une consistance graisseuse, soluble dans l'alcool; elle formait avec la potasse une combinaison soluble dans l'eau, d'où les acides séparaient la matière grasse.

Ainsi l'huile que contiennent les topinambours est formée de deux matières grasses; l'une fluide, l'autre d'une consistance de graisse, à 16° de température.

Quant à la cire, sur laquelle M. Braconnot ne donne

aucun détail analytique, mais qu'il a seulement *dissoute par l'alcool*, je l'avais vainement cherchée dans les topinambours à l'aide de l'ammoniaque et de l'éther. J'ai observé l'apparence de la cire seulement à la matière jaunâtre composée d'une substance grasse, d'acide phosphorique, d'une matière azotée et d'un principe colorant. Ce mélange était *soluble dans l'alcool.*

Il me semble résulter de ces observations que l'analyse de M. Braconnot peut recevoir les additions et les modifications suivantes :

1°. La densité du jus des topinambours est de 10995, bien qu'elle puisse varier suivant quelques circonstances. Cette densité est remarquable, puisqu'elle est plus forte que celle des sucs de presque tous nos végétaux ;

2°. Une matière azotée coagulable par la chaleur, analogue à l'*albumine,* est contenue dans le suc des topinambours ; sa propriété *clarifiante* est très-énergique ;

3°. L'analyse démontre la présence de l'*osmazôme* dans ces tubercules ;

4°. L'*huile essentielle* est également démontrée ;

5°. La pulpe de topinambour subit avec la plus grande facilité la fermentation alcoolique, produit un *vin* très-fort d'où l'on tire 0,09 environ d'alcool pur ;

6°. La présence de la cire ne semble pas démontrée ;

7°. La substance huileuse, extraite par l'alcool, contient *deux matières grasses* et une *matière azotée ;*

8°. La dahline reste en solution dans seize fois son poids d'eau à 16 degrés : elle n'est donc pas insoluble ou *presqu'insoluble.*

Sur *la Statue de Lillebonne.*

Par M. Houtou La Billardière,
Professeur de Chimie à Rouen (1).

On ne peut pas supposer, avec vraisemblance, que les anciens aient fabriqué la statue trouvée à Lillebonne avec une matière aussi fragile que celle qui la constitue maintenant, puisqu'un léger effort suffit pour en détacher des morceaux assez épais; il est d'ailleurs impossible de l'admettre, plusieurs parties de la statue ayant été fixées par des rivures; on ne peut aussi supposer que l'oxidation des métaux, complète dans certaines parties et partielle dans d'autres, provienne d'une calcination que la statue aurait éprouvée accidentellement. La théorie et l'expérience prouvent que si l'oxidation était due à l'action combinée de la chaleur et de l'air, les parties complètement oxidées dans lesquelles le cuivre se trouve à l'état de protoxide devraient s'y rencontrer à l'état de deutoxide.

Il est un fait qui mérite d'être rapproché de celui-ci; c'est que la plupart des médaillons de bronze trouvés dans les mêmes circonstances que la statue avaient subi

---

(1) Nous avons publié, dans le Cahier d'avril, l'analyse que M. Vauquelin a faite de l'alliage dont la statue de Lillebonne est formée; M. Houtou La Billardière, qui s'était livré sur les lieux à la même recherche, nous a adressé une Note intéressante dont nous avons tiré textuellement ce qu'on va lire sur les causes auxquelles il attribue l'oxidation du métal.

une altération analogue ; on peut croire que cela tenait à ce qu'ils avaient aussi été dorés (comme nous savons que cela arrivait en effet souvent), puisque les médailles communes qui ne l'étaient pas, trouvées pareillement dans les mêmes circonstances, ou conservent leurs propriétés métalliques, ou passent à l'état de vert-de-gris, comme les ustensiles de cuivre exposés à l'air et à l'humidité.

L'oxidation des métaux qui composaient primitivement la statue provient d'une cause particulière qui peut être attribuée aux effets galvaniques produits par le contact de la feuille d'or qui recouvre une des surfaces de la statue, avec le cuivre ou le bronze qui en forme la base.

On sait que deux métaux de nature différente, mis en contact, développent de l'électricité ; qu'ils se constituent dans des états électriques opposés, et que, dans le cas où l'or est en contact avec le cuivre, l'or devient négatif et le cuivre positif. En construisant avec ces deux métaux une pile voltaïque, et terminant l'extrémité cuivre ou le pole positif par un fil de cuivre, et l'extrémité or ou le pole négatif par un fil d'or ; en faisant rendre ces deux fils dans un vase contenant de l'eau et mettant ensuite la pile en action, on observe que l'eau se trouve décomposée, que l'oxigène se porte au pole positif, et qu'il se combine avec le fil de cuivre ; l'hydrogène, au contraire, se rend au pole négatif, et, ne pouvant se combiner avec l'or, se dégage sous forme de gaz dans l'atmosphère.

La statue de Lillebonne, formée dans le principe de cuivre allié avec une petite quantité d'étain et recou-

verte d'une feuille d'or, peut être considérée comme une pile voltaïque capable de produire les mêmes effets qu'une pile dont les élémens seraient formés d'or et de cuivre. La statue ayant été enfouie pendant douze à quinze siècles dans la terre humide, a pu déterminer la décomposition de l'eau par les effets galvaniques, comme la pile dans le cas précédent. L'oxigène de l'eau décomposée se sera porté sur le cuivre avec lequel il peut se combiner. L'hydrogène se sera rendu à la surface de l'or, et par suite dans l'atmosphère, ce gaz ne pouvant se combiner avec l'or. Le nombre d'années pendant lesquelles le monument est resté enfoui permet de supposer que cette action, quoique lente, ait pu produire des effets d'oxidation aussi marqués.

Le même raisonnement s'applique à beaucoup d'autres phénomènes qu'on voit se passer journellement sous nos yeux. C'est ainsi, par exemple, qu'on est obligé de fixer le doublage en cuivre des navires avec des clous de cuivre et non avec des clous de fer, pour éviter que le contact de deux métaux de nature différente ne donne lieu à un développement d'électricité qui, par la décomposition de l'eau, déterminerait très-promptement l'oxidation du fer (le cuivre devenant négatif dans cette circonstance).

Conservation *des Grains.*

M. le comte Dejean, pensant avec raison qu'une condition essentielle à remplir pour la conservation des

grains dans des *silos* était d'empêcher que l'air et l'humidité n'y eussent accès, a fait sur cet objet des expériences qui ont eu le plus heureux résultat.

Il a fait construire, en 1819, des cuves en bois, doublées de plomb, qu'on a fermées hermétiquement après les avoir remplies de grain convenablement desséché. Au bout de trois ans, les cuves ont été ouvertes et le grain a été reconnu dans un état parfait de conservation. M. Sainte-Fare Bontemps, qui a été chargé de la direction des expériences, en a fait connaître les résultats dans les *Annales de l'Industrie nationale et étrangère*, du mois de mars 1824. D'après ses calculs, qui sont plutôt au-dessus qu'au-dessous de la réalité, la dépense pour le doublage en plomb d'une cuve pouvant contenir 1250 hectolitres s'élèverait à 4500 fr., et celui d'une cuve de 10000 hectolitres à 18000 fr. Comme les grains n'éprouvent aucun déchet pendant leur séjour dans les cuves, et qu'ils n'exigent aucune manutention, les intérêts des capitaux seraient amplement couverts par les avantages du procédé. Nous ne doutons pas que, dans beaucoup de circonstances, les cuves doublées de plomb ne soient préférables aux silos construits dans le sol : la conservation des grains y sera certainement plus assurée que dans ces derniers. Les silos de M. Dejean nous paraissent donc une acquisition très-importante pour l'agriculture.

OBSERVATIONS *sur la Température de la terre, à Paramatta* (*Nouvelle-Galles du Sud*).

Par S. E. Sir THOMAS BRISBANE.

DANS le sol le plus élevé du voisinage de Paramatta, on a fait creuser un trou d'environ $3\frac{1}{2}$ pouces de diamètre et de 24 pieds de profondeur, traversant de l'argile et du grès rouge. On a placé un thermomètre à diverses profondeurs dans le trou, et on l'a observé pendant les mois de novembre et de décembre 1822, qui correspondent aux mois de mai et de juin de nos climats. Quelquefois l'eau s'est élevée à une certaine hauteur dans le trou, et on en a pris la température.

Dans une première série d'expériences comprenant dix-neuf observations faites dans l'air du trou et dix dans l'eau, on a eu pour résultat moyen :

Dans l'air, 16°,59; dans l'eau, 17°,15.

Dans une autre série d'expériences faites dans un autre trou de 12 pieds de profondeur, la température moyenne de l'air a été précisément la même que celle de l'eau, savoir de 15°,77.

Enfin, des observations faites, dans les mêmes mois, sur l'eau d'un puits et celle d'une source, ont donné, pour l'eau du puits, qui avait 20 pieds de profondeur, 16°,11; et pour celle de la source 16°,39.

La moyenne de tous ces résultats donne, pour la température moyenne de la terre à Paramatta, en novembre et décembre, et probablement pendant toute l'année, 16°,30.

La température de l'air, à l'ombre et à la surface de la terre, a varié de 19° à 29°.

(Edimburgh, *philos. Journ.* x. 219.)

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL	VENTS
	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.	à midi.	à midi.
1	758,38	+12,6	88	757,35	+10,2	98	755,76	+10,0	98	754,70	+ 9,8	99	+13,1	+ 9,5	Pluie.	N. O.
2	752,48	+11,2	91	752,20	+12,8	81	751,66	+10,8	91	751,06	+ 9,5	98	+12,8	+ 9,3	Couvert.	N. O.
3	747,46	+12,5	82	747,27	+13,7	78	747,26	+14,8	76	747,95	+ 9,6	97	+14,7	+ 8,5	Couvert.	O.
4	751,00	+16,0	73	752,12	+15,4	75	752,88	+16,5	66	754,61	+10,9	88	+16,9	+ 5,0	Très-nuageux.	O. S. O.
5	757,18	+17,9	71	756,80	+20,2	68	755,91	+21,2	64	754,75	+13,8	88	+21,3	+ 6,3	Voilé.	S.
6	757,75	+14,8	90	757,07	+18,3	76	756,10	+18,4	70	755,00	+12,8	99	+19,0	+ 9,6	Couvert.	S. S. O.
7	754,95	+17,6	80	755,16	+18,9	64	754,88	+13,4	85	758,41	+12,2	91	+18,9	+ 9,8	Très-nuageux.	S. O.
8	761,97	+15,0	83	762,54	+17,2	73	762,26	+19,5	64	763,24	+15,0	87	+19,5	+ 9,5	Nuageux.	N. O.
9	763,84	+14,5	90	763,00	+16,7	81	761,70	+19,1	61	759,50	+15,4	91	+19,8	+ 9,9	Nuageux.	N.
10	755,88	+20,1	74	754,83	+22,0	61	753,64	+20,6	61	752,90	+17,6	83	+23,0	+10,5	Nuageux.	O. S. O.
11	753,60	+13,4	99	753,40	+15,0	95	752,82	+18,6	90	752,10	+15,0	88	+19,1	+13,1	Couvert, brouillard	N. N. E.
12	750,20	+12,0	99	750,24	+13,1	99	749,52	+12,5	99	750,25	+10,9	99	+13,1	+10,0	Pluie, brouillard.	N. E.
13	749,76	+10,6	99	749,20	+12,8	96	748,05	+15,4	91	746,02	+12,7	99	+15,4	+ 9,2	Couvert, brouillard.	E. N. E.
14	744,20	+14,8	95	744,36	+19,1	86	744,10	+19,0	84	745,06	+11,0	96	+19,1	+11,0	Couvert.	S. S. O.
15	745,90	+14,0	80	745,74	+15,8	79	745,30	+12,5	85	745,47	+ 8,3	95	+15,8	+ 8,3	Très-nuageux.	S.
16	749,65	+11,1	90	751,33	+11,1	87	753,00	+10,0	94	756,22	+ 8,3	99	+11,1	+ 5,9	Couvert.	O.
17	759,10	+12,0	69	759,00	+13,1	63	758,44	+14,1	59	758,27	+ 9,6	83	+14,1	+ 6,0	Couvert.	N. O.
18	758,20	+12,4	81	757,96	+13,1	83	756,75	+13,0	84	756,00	+11,0	89	+14,5	+ 7,8	Couvert	S. O.
19	753,52	+12,4	97	754,12	+14,2	88	754,00	+14,8	87	753,22	+11,0	97	+14,8	+10,1	Pluie par intervalles.	O. S. O.
20	750,13	+13,2	81	750,53	+15,8	70	751,28	+12,5	90	751,90	+ 9,7	81	+15,8	+ 9,8	Très-nuageux.	O. fort.
21	752,12	+11,0	71	752,30	+12,8	70	751,90	+13,5	63	752,58	+10,2	80	+13,5	+ 7,1	Couvert.	N. N. E.
22	752,13	+ 6,8	96	752,32	+ 7,8	91	751,76	+ 8,3	90	752,26	+ 8,1	99	+ 9,0	+ 5,8	Pluie.	N. E. fort.
23	753,16	+ 5,5	99	753,73	+ 7,2	90	753,87	+ 9,0	85	754,88	+ 7,9	98	+ 9,0	+ 5,4	Couvert.	N.
24	755,32	+14,0	77	755,57	+13,6	74	755,47	+13,5	82	756,08	+ 9,7	99	+14,3	+ 5,2	Couvert.	O. N. O.
25	759,50	+13,2	87	760,04	+15,0	79	760,00	+15,0	71	762,05	+11,0	88	+15,3	+ 8,5	Couvert.	N.
25	766,70	+13,6	70	767,58	+16,0	71	768,15	+15,8	69	770,26	+11,8	90	+16,0	+ 7,2	Très-nuageux.	N. N. O.
27	773,24	+14,0	75	772,96	+16,5	69	772,37	+18,0	67	772,30	+15,0	78	+19,0	+ 6,2	Nuageux.	N. N. E.
28	770,62	+17,8	62	770,18	+20,2	52	768,72	+21,0	46	767,00	+16,2	73	+21,0	+ 8,5	Légers nuages.	E.
29	764,07	+17,0	79	762,82	+19,9	70	760,46	+19,9	68	756,95	+16,5	85	+19,9	+11,5	Couvert.	E.
30	754,47	+20,0	75	753,55	+22,2	76	753,37	+21,5	73	753,60	+14,6	97	+22,3	+13,0	Nuageux.	O. S. O.
31	753,72	+23,0	68	753,82	+19,5	75	753,60	+21,2	74	754,85	+16,5	92	+23,0	+10,2	Couvert.	S. O.
1	756,09	+15,2	82	755,83	+16,5	75	755,20	+16,6	74	755,21	+12,7	92	+17,9	+ 8,8	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	751,43	+12,6	89	751,59	+14,3	85	751,33	+14,2	86	751,45	+10,7	93	+15,3	+ 9,1	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 7,598
3	759,55	+14,2	78	759,55	+15,5	74	759,05	+16,1	72	759,32	+12,5	89	+16,6	+ 8,1	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 6,581
	755,81	+14,0	83	755,78	+15,5	78	755,32	+15,7	77	755,46	+12,0	91	+16,6	+ 8,6	Moyennes du mois,	+12°,6.

SUITE.

Sur *la Réaction du sulfure de carbone et de l'ammoniaque dissoute dans l'alcool; sur les combinaisons qui en résultent, et particulièrement sur un nouveau genre de sulfo-cyanures.*

Par M. William C. Zeise.

IV. *Combinaisons de cuivre, de plomb, de mercure et de zinc obtenues par l'hydro-sulfocyanate hydro-sulfuré d'ammoniaque.*

20. J'ai déjà fait mention de la plupart de ces combinaisons, mais j'y dois ajouter les observations suivantes.

En versant la dissolution du sel de cuivre dans la dissolution du sel ammoniacal, quelques parties du mélange se présentent au moment de la formation du précipité jaune avec une couleur brunâtre, d'autres parties ont une couleur verdâtre; mais au bout de peu d'instans, surtout en agitant le mélange, le précipité acquiert uniformément une couleur jaune pâle, qui se fonce un peu par le lavage. L'eau dont on se sert pour le lavage ne doit pas être échauffée au-dessus de 50°, sans cela il se forme facilement de l'acide hydrosulfocyanique ordinaire. Le précipité ne se sépare que très-difficilement du liquide avant que le sel ammoniacal ne soit complètement décomposé. Le précipité de plomb produit par le nitrate de plomb est redissous par un excès du nitrate.

21. Le précipité de cuivre et celui de mercure ont

été soumis à l'action de la chaleur à l'abri de l'air. Tous les deux ont passé bientôt au noir. Il s'est condensé dans le col de la cornue et dans le récipient un liquide d'apparence un peu huileuse, mais dont la plus grande partie se prenait, dans le cours de l'opération, en une masse solide colorée en jaune : il s'est formé, en outre, une masse noire. Le composé de cuivre ne donna que très-peu de gaz ; celui de mercure, au contraire, en fournit une quantité assez considérable. Ce dernier composé donna, en outre, un sublimé ressemblant au cinnabre ; l'autre laissa un résidu semblable au protosulfure de cuivre, et il s'était élevé, à très-peu de distance du fond du vase, une masse ressemblant à celle qui a été décrite § 19.

22. Quant à la composition du précipité de plomb et de celui de mercure, on admet sans doute facilement qu'elle doit être analogue à celle du précipité de cuivre, c'est-à-dire, que ces précipités peuvent être regardés comme des combinaisons du sulfure de plomb ou de mercure avec de l'acide hydrosulfocyanique ordinaire, et que, par conséquent, le changement spontané de la couleur de ces précipités consiste dans une décomposition en sulfure métallique et en acide hydrosulfocyanique ordinaire.

23. En versant du sulfate de zinc dans une dissolution d'hydrosulfocyanate hydrosulfuré, il s'est fait un précipité blanc dont la quantité s'est augmentée lentement. Puis, dans l'espace de quelques jours de repos, il s'est formé, tant au milieu du précipité limoneux, que sur les parois du vase, *des cristaux pyramidaux d'un vert d'olive* (1). Traités par une dissolution de po-

(1) La liqueur renfermait un excès de sulfate de zinc.

tasse, ces cristaux donnèrent un corps blanc insoluble et une liqueur qui précipita les sels de deutoxide de cuivre en jaune, et ceux de peroxide de fer *en noir :* ils ne renfermaient point d'ammoniaque. D'après ces expériences, ces cristaux pourraient donc être regardés comme de l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré de zinc oxidé.

V. *Des Combinaisons de potassium, de calcium et de barium obtenues par l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré d'ammoniaque.*

24. En décomposant le sel ammoniacal par la potasse, la chaux et la baryte, j'ai obtenu des combinaisons qui se sont comportées, par l'intermède de l'eau, comme des hydrosulfocyanates hydrosulfurés de ces oxides. Il est assez difficile de transporter l'acide hydrosulfocyanique hydrosulfuré sur ces bases sans le dénaturer. Il faut avoir soin de ne pas employer trop de chaleur, ni trop d'alcali décomposant; et de plus, il n'est pas aisé de reconnaître dans cette opération l'époque à laquelle on aura ajouté la juste proportion de l'alcali.

25. J'ai obtenu la combinaison de potassium de la manière suivante : une dissolution concentrée du sel ammoniacal fut mêlée avec une quantité de potasse dissoute, moindre qu'il n'en fallait pour la décomposition complète. Le mélange, légèrement chauffé, fut introduit sous le récipient de la machine pneumatique avec de l'acide sulfurique, et on chassa l'ammoniaque qui avait été mise à l'état de liberté en faisant le vide. Au bout de quelque temps, la liqueur, qui n'offrait alors

aucune réaction alcaline, fut mêlée avec une nouvelle portion de dissolution de potasse, et je répétai l'opération précédente. Ce procédé fut promptement réitéré jusqu'à ce que la liqueur fût au point de produire une couleur stable de bleu sur le papier de tournesol rougi. A cette époque, j'ajoutai encore une très-petite quantité de sel ammoniacal, et j'achevai l'opération par la machine pneumatique.

Cette liqueur avait tous les caractères d'un hydrosulfocyanate hydrosulfuré. Par l'évaporation, au moyen de la machine pneumatique et du chlorure de calcium, elle donna une masse saline et cristallisée, qui se dissolvait facilement et entièrement dans l'eau et dans l'alcool, en donnant des liqueurs qui se comportaient avec les réactifs convenables comme de l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré de potasse sans aucune altération.

En chauffant la dissolution aqueuse presque au point de l'ébullition, elle fut fortement troublée en laissant déposer une matière d'apparence de soufre : la liqueur, surnageante se comportait alors comme de l'hydrosulfocyanate de potasse ordinaire.

Une dissolution alcoolique de l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré de potasse, conservée pendant deux jours dans un flacon mal fermé, avait déposé des cristaux de soufre contenant un peu de carbone; alors la réaction du liquide était celle de l'hydrosulfocyanate de potasse ordinaire sans acide excédant (*V.* § 16.).

26. Le composé de calcium et celui de barynm ont été produits avec de l'hydrate de chaux et de baryte, à-peu-près de la même manière que le composé de potassium. La dissolution du sel de chaux contenait d'abord

un peu de chaux en excès, qui a été séparé au moyen de l'alcool. La dissolution alcoolique, évaporée sous le récipient de la machine, donna une masse ayant l'aspect de gomme, laquelle se dissolvait complètement dans l'eau, et se comportait d'ailleurs comme de l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré de chaux. Dans la préparation du sel de baryte, le petit excès d'alcali fut promptement enlevé au moyen du gaz carbonique.

VI. *Matière blanche cristalline, ou Hydrosulfure de cyanogène cristallisé.*

27. Les phénomènes que produisent les sels de peroxide de fer avec des hydrosulfocyanates sulfurés, dont j'ai déjà fait mention en parlant de l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré d'ammoniaque (§ 14 et § 17), méritent une considération particulière. J'ai fait ces expériences aussi avec l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré de potasse et avec celui de baryte, qui m'ont donné précisément les mêmes résultats que le sel ammoniacal; de sorte qu'on ne peut douter que ces effets ne soient communs à toutes les espèces de ce genre de sels.

Il ne semble pas y avoir de différence entre la matière blanche résultant de la transformation du précipité noir (§ 14) et celle qu'on obtient presque directement en ajoutant un sel de peroxide de fer à une dissolution du sel ammoniacal mêlée avec un acide en grand excès. Mais ce n'est que par le dernier procédé que cette substance s'obtient aisément à l'état de pureté.

28. Pour l'obtenir ainsi, on dissout une partie de l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré d'ammoniaque dans

environ 180 parties d'eau. On y ajoute, en bien mêlant les liqueurs, de l'acide sulfurique ou hydrochlorique étendu d'environ 16 parties d'eau, jusqu'à ce qu'il se présente une forte réaction d'acide. Immédiatement après on y verse, par petites portions à la fois, une dissolution de sulfate ou d'hydrochlorate de peroxide de fer. D'abord la liqueur se fonce un peu en couleur; mais elle ne tarde pas à devenir incolore, et l'on voit alors les écailles blanches cristallines se former en grande quantité; elles se déposent assez promptement. Si l'on ajoute trop de sel de fer à la fois, il peut arriver que la liqueur commence à tirer un peu au rouge; mais cette couleur n'est que passagère quand il y a encore du sel ammoniacal à décomposer : si, au contraire, il s'y trouve un excès de la dissolution de fer, la liqueur prend une couleur rouge permanente. Il faut éviter ce point puisqu'il donne lieu à une couleur jaune dans le précipité. On ne doit pas employer les dissolutions beaucoup plus étendues qu'il ne vient d'être indiqué; car la présence de trop d'eau cause une perte considérable de la matière cristalline. La précipitation étant faite, on décante le liquide et l'on dessèche le produit par compression entre des doubles de papier.

29. *Cette matière ne contient point de fer : c'est un composé particulier de soufre, de carbone, d'azote et d'hydrogène*, renfermant probablement plus de soufre et moins d'hydrogène que l'acide du sel qui l'a fourni; on en trouve les preuves dans les phénomènes qui accompagnent la formation de cette substance, ainsi que dans quelques-unes de ses propriétés : je vais les exposer.

Parfaitement pure, elle est d'un blanc de neige, ordinairement sous formes d'écailles luisantes; elle n'a presque pas d'odeur; elle ne paraît subir aucun changement remarquable par le contact de l'air. L'eau n'en dissout que peu à la température ordinaire. *L'eau chaude en opère la destruction en produisant de l'acide hydrosulfocyanique ordinaire.* Elle se dissout assez facilement dans l'alcool, même à la température ordinaire. La dissolution alcoolique rougit faiblement le papier de tournesol; elle est troublée par l'eau. L'eau régale décompose cette matière, mais la destruction ne se fait que très-difficilement; même à l'aide de l'ébullition. *La dissolution faite avec cet agent n'est pas précipitée par les alcalis. La matière cristalline ne se combine pas directement ni avec l'ammoniaque, ni avec la potasse.* Par l'ébullition avec la potasse, elle donne une liqueur colorée en jaune, qui sent fortement l'hydrogène sulfuré, qui précipite les sels de plomb, partie en noir, partie en rouge, et qui donne une couleur rouge très-intense avec les sels de peroxide de fer lorsqu'on l'a d'abord complètement précipitée par le nitrate de plomb. En la laissant, à la température ordinaire, pendant quelque temps en contact avec une dissolution de potasse assez faible, une partie se dissout en prenant l'odeur d'hydrogène sulfuré. La liqueur, alors décantée, se comporte comme un mélange d'hydrosulfocyanate hydrosulfuré de potasse avec l'hydrosulfocyanate ordinaire. En répétant ce traitement avec une lessive faible, on obtient plusieurs fois de pareilles liqueurs, et il reste enfin une masse qui n'est attaquée que par une lessive très-forte. En soumettant la matière blanche cristalline à une chaleur suc-

cessivement croissante, elle donne de l'hydrogène sulfuré, du sel rougissant et la substance jaunâtre dont j'ai donné la description § 19.

La liqueur incolore de laquelle on a tiré la matière cristalline passe peu à peu, par l'influence de l'air, au rouge. Avant ce changement de couleur, cette liqueur est précipitée en blanc-verdâtre par le sous-carbonate de potasse et par le cyanure de fer et de potassium : cependant le premier de ces réactifs en précipite aussi une matière noire. Les sels de fer oxidulé ne produisent pas la matière cristalline, si ce n'est par un contact prolongé du mélange avec l'air.

D'après tout cela, il est donc probable que la formation de cette matière se fait de la manière suivante : deux atomes d'acide hydrosulfocyanique hydrosulfuré, dépouillé par le peroxide de fer d'une portion d'hydrogène (probablement de deux atomes), se divisent en un atome d'acide hydrosulfocyanique ordinaire et un atome d'hydrosulfure de cyanogène cristallisé, tandis que l'oxidule de fer, ainsi formé et combiné avec l'acide hydrosulfocyanique ordinaire, reste dans la liqueur; d'où l'on voit facilement que l'*hydrosulfure de cyanogène cristallin* doit contenir moins d'hydrogène et plus de soufre que l'acide hydrosulfocyanique hydrosulfuré; c'est probablement une combinaison de $A^1 C^2 S^4 H^4$ (1).

30. A cet endroit, j'ai quelques observations à faire relativement à l'acide hydrosulfocyanique sulfuré de

---

(1) Le précipité noir produit en mêlant une dissolution d'hydrosulfocyanate hydrosulfuré d'ammoniaque dans l'alcool avec une dissolution concentrée d'hydrochlorate de

M. Woehler (1), lequel paraît contenir 4 atomes de soufre sur 2 atomes d'hydrogène.

Cet acide se forme, d'après M. Woehler, *a*) en exposant le cyano-sulfure de mercure à l'action du gaz hydrogène sulfuré ou du gaz hydrochlorique; *b*) en traitant l'hydrosulfocyanate de potasse ordinaire par l'acide nitrique très-faible; *c*) en exposant le même sel à l'action de la pile voltaïque. Dans tous ces cas, il se produit un corps amorphe d'un jaune orangé, qui n'est pas du soufre, comme on l'avait pensé autrefois, mais une combinaison particulière de soufre avec du carbone, de l'azote et de l'hydrogène.

L'extérieur de ce corps est, comme l'on voit, bien différent de celui de la matière blanche et cristalline dont je viens de parler; et il y a encore d'autres propriétés qui s'opposent à ce qu'on les regarde comme des substances identiques. Il suffit de citer l'action de la potasse. Mis en contact avec une dissolution de potasse, le corps jaune-orangé se fonce en couleur; et lorsqu'on l'a ensuite dépouillé de tout l'excès de potasse, il prend, d'après M. Woehler, par l'addition de l'eau, une couleur rouge de rubis, en donnant une dissolution colorée en rouge-jaunâtre, laquelle précipite en beau jaune les sels de plomb; phénomènes qui sont bien différens de ceux que présente, dans des circonstances semblables, la matière blanche cristalline.

---

peroxide de fer, se conserve assez long-temps sans passer au blanc; mais à peine y a-t-on ajouté une certaine quantité d'eau que la transformation commence à avoir lieu.

(1) *Annales de Gilbert*, t. LXIX, p. 211.

VII. *Recherches ultérieures sur la composition de l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré d'ammoniaque, et des combinaisons qui en dépendent.*

31. En évaluant la composition de l'*hydrosulfocyanate d'ammoniaque ordinaire*, d'après l'analyse du sulfocyanure de potassium ordinaire faite par M. Berzelius (1), on l'aura égale à :

1 at. d'ammoniaque 214,57 (2);
1 at. d'acide hydrosulfocyanique ordinaire. 742,68 (3).

$$Ame + Cyg\,S^2H^2 = 957,25.$$

Par conséquent, en admettant qu'il ne se forme, par la précipitation de l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré d'ammoniaque avec le sulfate de deutoxide de cuivre, que deux atomes de sulfate d'ammoniaque sur un atome de la combinaison représentée par $CuS^2 + 2\,Cyg\,S^2H^2$ (*V*. § 15), nous aurons la composition de l'*hydrosulfocyanate nouveau* égale à :

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XVI, p. 54.

(2) Je me sers ordinairement, par préférence, des nombres de M. Berzelius, tels qu'on les trouve dans l'*Essai sur la Théorie des proportions chimiques, etc.* Mais quant à l'azote, je dois remarquer que ce n'est pas dans l'hypothèse qu'il est un corps composé que j'en suppose l'atome égal à deux volumes.

(3) Renfermant un atome de cyanogène (c'est-à-dire, un atome de carbone et un atome d'azote), deux atomes de soufre et deux atomes d'hydrogène.

1 atome	d'ammoniaque............	214,57 ;
1	d'acide hydrosulfocyanique..	742,68 ;
1	d'hydrogène sulfuré........	213,60.

$Amc + Cyg\,S^2\,H^2 + H^2\,S$ (1) 1170,85.

32. Quoique cette proportion des parties constituantes de ce sel me paraisse probable sous plusieurs rapports, et particulièrement sous celui de sa formation (*voyez* plus bas), j'ai pourtant fait des expériences assez nombreuses pour déterminer directement sa composition ; mais il se présente ici plusieurs circonstances qui s'opposent à des résultats rigoureusement exacts : telles sont; la nécessité dans laquelle on est d'employer le sel à l'état qu'on l'obtient par la première cristallisation, puisqu'il n'en souffre pas de nouvelles ; la destructibilité des précipités métalliques, même de celui de cuivre, par l'eau chaude, et d'autres inconvéniens dont il sera parlé dans la suite. Aussi, en exposant les résultats de ces recherches analytiques, je n'ai que l'intention de faire voir qu'ils ne paraissent pas contraires à la composition supposée.

33. Une portion de l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré d'ammoniaque, bien lavée avec de l'alcool et comprimée entre des doubles de papier, a été desséchée, au moyen de la machine pneumatique, avec de l'acide sulfurique. Le sel ne montra aucun changement qui fît présumer une perte d'eau chimiquement fixée. 1,29 grammes du sel sec ont été mis, par petites portions, dans de l'acide nitri-

(1) On voit que, supposant l'atome d'azote égal à un volume, on doit supposer l'atome de soufre égal à 100,58, au lieu de 201,16.

que fumant qui se trouvait dans un matras d'une grande capacité et muni d'un col très-long. L'action était très-violente, et la décomposition s'opéra en peu de temps. La liqueur étendue fut précipitée par l'hydrochlorate de baryte; elle n'a donné que 4,53 gr. de sulfate de baryte calciné, quoique le calcul en donne 4,819, savoir : 2341,7 ($= 2 (Amc + Cyg S^2 + H^2 S)$; 8748,54 ($= 3 (B O^2 + 2 S O^3) = 1,29 : 4,8189$).

J'avais préféré l'acide nitrique concentré et fumant à l'eau régale étendue pour éviter la longue digestion qui est nécessaire lorsqu'on se sert de ce liquide. Mais la différence entre le résultat de l'expérience et celui du calcul fit soupçonner qu'il s'était dégagé des vapeurs sulfureuses; d'ailleurs, cette supposition était confirmée par l'odeur qui se fit sentir dans cette expérience. Je fis donc la même expérience en employant un mélange d'acide nitrique et d'acide hydrochlorique très-faible, et je la répétai sur différentes portions du sel. La quantité de sulfate de baryte obtenue, quoique surpassant la quantité qui aurait dû résulter de cinq atomes de soufre, fut pourtant moindre qu'elle ne devait l'être dans l'hypothèse de six atomes de ce principe. Mais j'avais aussi, dans cette expérience, senti l'odeur du sulfure de carbone. D'ailleurs, la destruction totale exige, dans le cas où elle sera faite par un acide étendu, une digestion très-long-temps maintenue, ce qui peut facilement occasioner une perte de soufre, et je n'ai voulu rien déterminer d'après le soufre obtenu, parce que sa couleur paraît indiquer qu'il n'était pas pur.

Dans une autre expérience, j'ai fait d'abord digérer une dissolution concentrée du sel ammoniacal avec un grand excès d'une lessive de potasse; puis j'ai effec-

tué la destruction par l'acide, en m'y prenant de manière que le gaz avec les vapeurs passât, au commencement de l'opération, à travers une dissolution de potasse; mais l'odeur du gaz sortant de ce liquide semblait encore indiquer du soufre enlevé, et des essais faits sur la potasse n'indiquèrent que des traces de soufre fixé. Aussi la quantité de sulfate de baryte obtenue dans cette expérience ne fut-elle guère plus grande que celle qu'avaient fournie les expériences précédentes.

34. Je passe aux faits qui paraissent plus satisfaire à notre objet. 3,196 gram. d'hydrosulfocyanate hydrosulfuré d'ammoniaque bien desséché furent précipités par du sulfate de deutoxide de cuivre. Le précipité, lavé sans le secours du filtre, fut légèrement digéré avec un excès d'une dissolution de potasse étendue. La destruction étant achevée (ce qui se faisait très-promptement), je décantai le liquide, et je lavai la matière noire, en réunissant l'eau de lavage à la liqueur d'abord obtenue. La matière solide, bien desséchée, fut introduite dans un tube de verre fermé à l'une de ses extrémités, recourbé et en partie enveloppé de fil de fer. L'extrémité ouverte du tube fut engagée sous le mercure, et l'on chauffa. Au commencement, il se dégagea de l'eau et de l'acide sulfureux *en très-petite quantité*, puis il ne s'éleva que du soufre pur. Je portai la chaleur jusqu'au point de ramollir le verre, et je maintins cette température tant qu'il se dégageait du soufre. Cela étant fini, je coupai la partie du tube dans laquelle s'était rassemblé le soufre, et je déterminai le poids du protosulfure de cuivre: il pesait 1,42 gram. Le calcul en donne 1,3546; car 2341,7 : 992,55 (CuS) = 3,196 : 1,3546.

tralisant ; que les changemens de couleur dont j'ai parlé plus haut (§ 20) s'expliquent assez bien en admettant cette formation et la décomposition d'une petite quantité d'hydrosulfocyanate de deutoxide de cuivre.

VIII. *Décomposition de l'Ammoniaque et du Sulfure de carbone examinée en ayant égard à la proportion dans laquelle se trouvent réunis les principes de ces deux composés.*

36. D'après les phénomènes exposés dans la première section de ce Mémoire, il faut conclure qu'il se forme d'abord *en même temps* du sel rougissant et de l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré d'ammoniaque. Le dernier de ces deux composés renferme une quantité de carbone relativement plus grande que celle qui se trouve dans le sulfure de carbone ; le premier, au contraire, contient relativement plus de soufre que le sulfure. L'hydrosulfocyanate hydrosulfuré contient de l'hydrogène en proportion plus petite que l'ammoniaque, et dans l'acide du sel rougissant il se trouve de l'hydrogène sans azote. D'après cela, il est donc très-probable que dans l'acide du sel rougissant, le soufre, le carbone et l'hydrogène se trouvent en telle proportion qu'en les ajoutant aux principes de l'acide de l'autre sel, il en résultera de l'ammoniaque et du sulfure de carbone. Par conséquent, l'acide du sel rougissant doit être composé de 1 atome de carbone, 3 atomes de soufre et 2 atomes d'hydrogène : donc il peut être représenté (comme nous l'avons fait par anticipation) par $CS^2 + H^2S$, et la formation de ces deux sels peut être représentée ainsi :

1 at. d'ammoniaque.......		$1A+4H+2H$;
1	de sulfure de carbone...	$1C+1S+1S$;
2	de sulf. de carb......	$1C+2S+1C+2S$.
		$CygS^3H^4 \quad CS^3H^2$.

C'est-à-dire que le tiers de l'hydrogène de l'ammoniaque s'empare de la moitié du soufre du sulfure, tandis que le reste des principes de l'ammoniaque et du soufre, ainsi que l'hydrogène sulfuré, s'unissent respectivement à un atome de sulfure de carbone, d'où résultent les deux nouveaux acides qui forment, en se combinant avec de l'ammoniaque non décomposée, les deux sels produits par cette action.

La transformation de l'acide du sel rougissant en acide hydrosulfocyanique hydrosulfuré et en hydrogène sulfuré (§ 10), dans laquelle il se fait sans doute une nouvelle décomposition d'ammoniaque, peut être représentée ainsi :

1 at. d'ammoniaque..............	$1A+\quad 6H$;
2 at. de sulf. double d'hydr. et de carb.	$2C+3S+4H+3S$.
	$CygS^3H^4 \quad H^6S^3$.

De sorte qu'en n'ayant égard qu'au résultat final de cette action, on peut le regarder comme une formation d'acide hydrosulfocyanique hydrosulfuré et d'hydrogène sulfuré; ou, ce qui revient au même, comme une formation d'acide hydrosulfocyanique ordinaire et d'hydrogène sulfuré, dont le premier, en s'unissant à une partie du second, donne naissance à l'acide hydrosulfocyanique nouveau. Dans ce cas, la formule d'action serait :

1 at. d'ammoniaque......		$1 A + 2 H + 2 H + 2 H$;
1	de sulfure de carbone.	$1 C + 1 S + 1 S$.
		$1 C 1 A 4 H + 1 S (H^2 S)$.
1	de sulf. de carb.	$1 C + 2 S$.
		$Cyg S^3 H^4$.

La liqueur qui a cessé de donner des cristaux d'hydrosulfocyanate hydrosulfuré d'ammoniaque paraît ordinairement chargée de l'acide de l'hydrosulfocyanate ordinaire; car, en la précipitant d'abord par le nitrate de plomb, et essayant tout de suite la liqueur incolore ainsi obtenue par l'hydrochlorate de peroxide de fer, il se manifeste immédiatement après une couleur rouge très-intense. La formation de cet acide tient probablement à la décomposition d'une partie de l'acide hydrosulfocyanique hydrosulfuré dans des circonstances particulières. La liqueur d'où on a tiré l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré sent aussi ordinairement plus ou moins l'acide hydrocyanique, et plus on l'a gardée long-temps, plus cette odeur est sensible.

37. En terminant ce chapitre, je crois devoir faire quelques observations relativement à l'action de la dissolution *aqueuse* d'ammoniaque sur le sulfure de carbone.

Il est connu par les expériences de M. Berzelius que le sulfure de carbone se dissout *lentement* dans une dissolution *aqueuse* d'ammoniaque, en donnant une liqueur d'un brun foncé. Cette liqueur ne paraît pas contenir d'acide carbonique; du moins elle ne m'a pas donné de précipité avec l'hydrochlorate de baryte. Mais en la précipitant par le nitrate de plomb et l'essayant

ensuite par l'hydrochlorate de peroxide de fer, je l'ai trouvée chargée d'*acide hydrosulfocyanique ordinaire :* il est difficile de s'assurer si elle contient aussi de l'acide hydrosulfocyanique hydrosulfuré. D'après M. Berzelius, il se trouve de l'*acide carbonique* dans la dissolution du sulfure de carbone faite avec une dissolution aqueuse de *potasse.* Cette circonstance, qu'en employant l'*ammoniaque* il se fait une décomposition *de l'alcali*, et probablement non pas de l'eau, paraît donc très-favorable à l'hypothèse dans laquelle *la potasse* est désoxidée par le sulfure de carbone et d'autres corps semblables, *même en présence de l'eau.*

IX. *Sur le Mode de combinaison des principes qui constituent les cyanosulfures et les cyanosulfures hydrosulfurés.*

38. En réfléchissant sur la manière dont il faut se figurer la combinaison des principes d'une substance composée, on est facilement conduit à des hypothèses différentes ; et souvent il est très-difficile de décider laquelle de ces hypothèses serait le plus d'accord avec toutes les circonstances réunies. Pour ne pas confondre de nouveaux faits avec de nouvelles hypothèses, j'ai suivi, dans cette exposition de mes recherches, la manière dont on envisage ordinairement la composition des cyanosulfures anciens, et j'ai tâché d'exposer conformément à cette théorie la composition des cyanosulfures nouveaux : cependant il y a une autre théorie qui mérite, ce me semble, d'être considérée.

39. En représentant généralement par

$$MS^2 + 2\,Cyg\,H^2S^2$$

les combinaisons métalliques produites en décomposant l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré d'ammoniaque par un sel métallique, c'est-à-dire, en considérant H^2 comme appartenant à la base composée de l'acide, ces sulfures se présentent évidemment *comme des composés d'un alcali et d'un acide, tous les deux avec du soufre comme principe chemico négatif correspondant à l'oxigène de l'alcali et de l'acide dans les sels ordinaires.* Par les belles recherches de M. Berzelius (1), il est devenu probable que les élémens qui donnent les oxides chimiquement positifs sont aussi ceux qui donnent les sulfures positifs, et qu'il en est de même des élémens donnant les oxides chimiquement négatifs. D'après cela, il est vraisemblable, ce me semble, que *le sulfure d'hydrogène doit jouer dans quelques sulfures composés le même rôle que le protoxide d'hydrogène, ou l'eau, dans les sels qui renferment un alcali et un acide formés par l'oxigène, avec de l'eau chimiquement fixée*, l'eau de cristallisation, par exemple. Or, si nous transformons la formule compliquée $CygH^2S^2$ en $CygS+H^2S$, les combinaisons métalliques peuvent être représentées par $MS^2+2CygS+2H^2S$; *la formule devient alors analogue à celle d'un sel contenant un alcali et un acide formés par l'oxigène avec de l'eau.*

M. Berzelius fait observer dans le travail que je viens de citer qu'en appliquant à l'hydrosulfate d'ammoniaque l'hypothèse dans laquelle une combinaison de 1 vo-

(1) De la Composition des sulfures alcalins, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XX.

lume d'azote et de 4 volumes d'hydrogène joue le rôle d'un métal, ce sel devient analogue aux sulfures de potassium, de calcium, etc. Si nous faisons usage de la même hypothèse pour l'hydrosulfocyanate hydrosulfuré d'ammoniaque, en y admettant l'existence de l'hydrogène sulfuré, *ce composé doit être représenté par* ammonium $S+CygS+H^2S$; *et nous y avons alors la même analogie pour le nouveau genre de cyanosulfures.*

40. D'après ce point de vue, *le cyanosulfure de potassium ordinaire*, représenté par M. Berzelius par $K+2CygS^2$ doit être considéré comme $KS^2+2CygS$, et il serait alors différent en cela du cyanosulfure de potassium nouveau, *qu'il ne contient pas le sulfure correspondant à l'eau dans les sels contenant de l'oxigène. L'acide hydrosulfocyanique ordinaire* (qui ne peut être isolé) serait donc $CygS+H^2S$, et *l'acide nouveau* (qu'on peut obtenir à l'état isolé, bien qu'il n'y reste que peu de temps (§ 17)), serait $CygS+2H^2S$; c'est-à-dire, le premier serait un sulfure de cyanogène avec un atome; le second, un sulfure de la même substance avec deux atomes de sulfure d'hydrogène, correspondant à l'oxide d'hydrogène (à l'eau), par exemple, dans l'acide sulfurique hydraté SO^3+H^2O; la matière que j'ai appelée de l'*hydrosulfure de cyanogène crystallisé* serait $CygS^2+2H^2S$ (§ 29).

Si l'on admet l'hypothèse dans laquelle AH^8 est considéré comme équivalent à un métal, sans vouloir considérer le sulfure d'hydrogène de la manière indiquée, et par conséquent sans vouloir admettre l'existence de ce sulfure dans le sel que j'ai appelé l'*hydrosulfo-*

cyanate hydrosulfuré d'ammoniaque, celui-ci doit être représenté par $AmS + CygH^2S^2$. On obtient par là la composition de ce corps analogue à la composition des précipités métalliques (celui de cuivre, par exemple), telle qu'elle est indiquée *directement* par les phénomènes qui se présentent en les traitant par la potasse ou même par l'eau. Mais alors le rapport entre le cyanosulfure de potassium ordinaire et la combinaison résultant de la décomposition du sel d'ammoniaque nouveau par la potasse, serait tel, que le premier étant composé de sulfure de potassium et de sulfure de cyanogène, le second le serait de sulfure de potassium et d'acide hydrocyanique bisulfuré.

Extrait *d'un Mémoire sur les Phénomènes électro-dynamiques.*

Par M. Ampère.

(Communiqué à l'Académie royale des Sciences le 22 décembre 1823.)

Mon but, dans les cinq premiers paragraphes de ce Mémoire, les seuls dont je me propose de présenter ici une rapide analyse, est de déduire de la formule que j'ai donnée pour représenter l'action de deux portions infiniment petites de courans électriques, la valeur de l'action qui en résulte :

1°. Entre un élément de courant électrique et un système quelconque de courans formant des circuits fermés ou s'étendant indéfiniment dans les deux sens.

2°. Entre un élément et un seul courant formant un circuit circulaire fermé.

3°. Entre un élément et un système de courans circulaires d'un très-petit diamètre, dont les plans soient partout perpendiculaires à une ligne droite ou courbe passant par les centres des circonférences que les courans décrivent. C'est cette sorte de système, dont la forme est celle de la surface qu'on nomme ordinairement *surface canal*, que j'ai cru devoir désigner sous le nom de *solénoïde*, du mot grec σωληνοειδὴς, dérivé de σωλὴν, canal, et qui signifie précisément qui a la forme d'un canal.

4°. Entre un solénoïde et un système quelconque de courans formant des circuits fermés ou indéfinis dans les deux sens.

5°. D'abord entre deux solénoïdes, puis entre un système composé d'une multitude de solénoïdes très-courts situés à des points déterminés, et un élément de courant électrique, ou un autre système composé de même d'une multitude de solénoïdes semblables aux premiers.

Un sixième paragraphe termine le Mémoire par des détails relatifs à la nature du courant électrique et de ce qu'on nomme *l'action électro-motrice*; à la théorie de l'action chimique de l'électricité, déduite de l'état électrique permanent des particules des corps d'après les principes que j'ai établis dans une lettre que j'écrivis, en 1822, à M. Van-Beek (1), et à d'autres recherches sur la théorie physique des phénomènes électro-dyna-

(1) *Recueil d'observations électro-dynamiques*, pag. 173-177.

miques dont je ne parlerai point ici, parce que je me propose de leur donner un plus grand développement dans un autre Mémoire ; on trouve d'ailleurs quelques-uns de mes principaux résultats dans les *Annales de Chimie*, tome xxv, pages 89 et 90.

§ I. *Action d'un système de courans formant des circuits fermés ou s'étendant indéfiniment, dans les deux sens, sur un élément de courant électrique.*

Soit BMm (fig. 1) une portion de courant électrique appartenant à un système de courans fermés ou indéfinis dans les deux sens ; désignons par i l'intensité du courant qui la parcourt, par ds un de ses élémens Mm, par ds' l'élément ab sur lequel elle agit, et par i' l'intensité du courant de cet élément, par r la distance AM, par β l'angle bAM, par n l'exposant de la puissance de la distance à laquelle l'action électrodynamique est réciproquement proportionnelle quand cette distance varie seule, et enfin, par k un nombre égal à $\frac{1-n}{2}$; supposons que l'action exercée par l'élément Mm sur l'élément ab suivant AM soit décomposée en deux forces dirigées, l'une suivant Ab, l'autre suivant la perpendiculaire AG élevée sur Ab dans le plan bAM ; la première de ces forces, d'après la forme que j'ai donnée à ma formule dans la Note que j'ai lue à l'Académie le 24 juin 1822, sera exprimée par $\frac{1}{2}\, ii'\, ds'\, d\, (r^{2k} \cos.^2 \beta)$ (1), et la seconde par $\frac{1}{2}\, ii'\, ds' \operatorname{tang.} \beta\, d\, (r^{2k} \cos.^2 \beta)$. En intégrant la pre-

(1) *Recueil d'Observations électro-dynamiques*, p. 316 ; et dans les *Annales de Chimie*, t. xx, p. 419.

mière dans toute l'étendue du système, on trouve une intégrale nulle, comme je l'ai remarqué dans cette Note, d'où il suit que l'action totale est perpendiculaire à ab, et que si on la décompose en deux autres, l'une dans un plan bAG passant par ab, l'autre perpendiculairement à ce plan, la première sera dirigée suivant la perpendiculaire AG, élevée sur ab dans le même plan.

En nommant σ l'angle des deux plans bAM, bAG, cette force s'obtiendra en multipliant la composante perpendiculaire à ab dans le plan bAM par cos. σ, et en intégrant le produit dans toute l'étendue du système. Déterminons la position de la droite AM par l'angle $MAN = \psi$ qu'elle forme avec sa projection AN sur le plan bAG, et par l'angle $bAN = \varphi$ de cette projection avec la direction de l'élément ab, le triangle sphérique rectangle MON nous donnera $\text{tang.}\,\varphi = \text{tang.}\,\beta \cos.\,\sigma$ et $\cos.\,\beta = \cos.\,\varphi \cos.\,\psi$, d'où il suit que la force suivant AG sera exprimée par

$$\tfrac{1}{2} ii' ds' \int \text{tang.}\,\varphi \; d\,(r^{2k} \cos.^2 \varphi \cos.^2 \psi),$$

en faisant l'intégration par partie, et supprimant le terme qui s'évanouit, pour les circuits fermés parce que les angles φ et ψ diffèrent, aux deux limites, d'une circonférence entière, et pour les circuits indéfinis dans les deux sens parce que $2k$ est négatif (1), on trouve, pour la valeur de la force dirigée suivant AG

---

(1) *Recueil d'Observations électro-dynamiques*, note de la page 317.

$$-\frac{1}{2}ii'ds'\int r^{2k}\cos.^2\varphi\cos.^2\psi\, d\,\text{tang.}\,\varphi,$$

ou

$$-\frac{1}{2}ii'ds'\int\frac{\overline{AN}^2\,d\varphi}{r^{n+1}},$$

à cause qu'on a

$$2k=1-n,\ \cos.\psi=\frac{AN}{r},\ \text{et}\ d\,\text{tang.}\,\varphi=\frac{d\varphi}{\cos.^2\varphi}.$$

Si l'on fait attention que $\frac{1}{2}\overline{AN}^2\,d\varphi$ est l'aire élémentaire NAn, projection sur le plan bAG du secteur infiniment petit MAm, qui a pour base l'élément $Mm=ds$ et pour côtés les deux rayons vecteurs AM, Am, on verra aisément que cette force est proportionnelle à la somme des projections de ces aires sur ce plan, divisées respectivement par la puissance $n+1$ du rayon vecteur correspondant à chaque aire; et qu'en supposant que le plan bAG reste fixe, cette force a toujours la même valeur, quelle que soit la direction de l'élément dans ce plan : nous la désignerons sous le nom d'*action exercée dans le plan* bAG. L'invariabilité de cette action, lorsqu'on donne successivement à l'élément différentes directions dans le même plan, montre que si celle que la terre exerce sur un conducteur mobile dans un plan fixe est produite par des courans électriques formant des circuits fermés, et dont les distances au conducteur sont assez grandes pour être considérées comme restant les mêmes lorsqu'il se meut dans ce plan, elle aura toujours la même valeur dans les différentes positions que prendra successivement le conducteur, parce que les actions exercées sur chacun des élémens du conducteur restant toujours les mêmes et toujours perpendiculaires à ces élémens, leur résultante ne pourra

varier ni dans sa grandeur ni dans sa direction relativement au conducteur. Cette direction changera d'ailleurs dans le plan fixe en y suivant le mouvement du conducteur : c'est en effet ce qu'on observe à l'égard d'un conducteur mobile dans un plan horizontal, et qu'on dirige successivement dans divers azimuths.

On peut vérifier ce résultat par l'expérience suivante : dans un disque de bois $ABCD$ (fig. 2), on creuse au tour une rigole circulaire $KLMN$ dans laquelle on place deux vases en cuivre KL, MN de même forme, et qui occupent chacun presque la demi-circonférence de la rigole, de manière cependant qu'il reste entr'eux deux intervalles KN, LM, qu'on remplit d'un mastic isolant ; à chacun de ces vases sont soudées les deux lames de cuivre PQ, RS, incrustées dans le disque et qui portent les coupes X, Y, destinées à mettre, au moyen du mercure qu'elles contiennent, les vases KL, MN, en communication avec les rhéophores d'une très-forte pile ; dans le disque est incrustée une autre lame TO portant la coupe Z, où l'on met aussi un peu de mercure, et qui est soudée au centre O de ce disque à une tige verticale sur laquelle est soudée une quatrième coupe U, dont le fond est garni d'un morceau de verre ou d'agate pour rendre plus mobile le sautoir dont nous allons parler, mais dont les bords sont assez élevés pour être en communication avec le mercure qu'on met dans cette coupe ; elle reçoit la pointe V (fig. 3) qui sert de pivot au sautoir $FGHI$, dont les branches EG, EI sont égales entre elles et soudées en G et I aux lames gh, if qui plongent dans l'eau acidulée des vases KL, MN, lorsque la pointe V repose sur le fond de la

coupe *U*, et qui sont attachées par leurs autres extrémités *h*, *f* aux branches *E H*, *E F*, sans communiquer avec elles. Ces deux lames sont égales et semblables, et pliées en arcs de cercle d'environ 90°. Lorsqu'on plonge les rhéophores, l'un dans la coupe *Z*, l'autre dans l'une des deux coupes *X* ou *Y*, le courant ne passe que par une des branches du sautoir, et l'on voit celui-ci tourner sur la pointe *V* par l'action de la terre, de l'est à l'ouest par le midi quand le courant va de la circonférence au centre, et dans le sens contraire quand il va du centre à la circonférence (*Recueil d'Observations électro-dynamiques*, pag. 284). Mais lorsqu'on les plonge dans les coupes *X* et *Y*, le courant parcourant en sens contraires les deux branches *E G*, *E I*, le sautoir reste immobile dans quelque situation qu'on l'ait placé, quand, par exemple, une des branches est parallèle et l'autre perpendiculaire au méridien magnétique, et cela lors même qu'en frappant légèrement sur le disque *A B C D* on augmente par les petites secousses qui en résultent la mobilité de l'instrument. En pliant un peu les branches du sautoir autour du point *E*, on peut leur faire faire différens angles, et le résultat de l'expérience est toujours le même. Il s'ensuit évidemment que la force avec laquelle la terre agit sur une portion de conducteur perpendiculairement à sa direction pour le mouvoir dans un plan horizontal, et, par conséquent, dans un plan donné de position à l'égard du système des courans terrestres, est la même quelle que soit la direction, dans ce plan, de la portion de conducteur, ce qui est précisément le résultat de calcul qu'il s'agissait de vérifier.

Il est bon de remarquer que l'action des courans de

l'eau acidulée sur leurs prolongemens dans les lames gh, if ne trouble en aucune manière l'équilibre de l'appareil ; car, d'après l'explication que j'ai donnée il y a long-temps (*Recueil d'Observations électro-dynamiques*, pages 243 et 244) de l'expérience par laquelle M. Savary a constaté que les courans qui ont lieu dans l'eau acidulée agissent comme ceux qui ont lieu dans un fil métallique, il est aisé de voir que l'action dont il est ici question tend à faire tourner la lame gh autour de la pointe V dans le sens hxg, et la lame if dans le sens fyi, d'où résulte, à cause de l'égalité de ces lames, deux momens de rotation égaux et de signes contraires qui se détruisent.

Si l'on représente par U le double de la somme des projections sur le plan bAG (fig. 1) des aires infiniment petites de tout le système divisées respectivement par la puissance $n+1$ des distances, à laquelle la force qu'il exerce dans ce plan sur l'élément ab est proportionnelle, et qu'on désigne par ξ, η, ζ, les angles que forme avec trois axes rectangulaires une perpendiculaire au plan bAG, et par A, B, C les doubles sommes semblables relatives aux plans coordonnés, on aura par un théorème connu sur les projections des aires

$$U = A \cos. \xi + B \cos. \eta + C \cos. \zeta ;$$

d'où il suit que la force exercée par le système sur l'élément dans le plan bAG, que nous avons trouvée égale à $-\frac{1}{2} ii'U ds'$, est exprimée par

$$-\tfrac{1}{2} ii'\, ds' \,(A \cos. \xi + B \cos. \eta + C \cos. \zeta).$$

Faisant $\sqrt{A^2+B^2+C^2} = D$, et nommant ξ', η', ζ' les angles dont les cosinus sont respectivement

$$\frac{A}{D}, \frac{B}{D}, \frac{C}{D},$$

la dernière expression deviendra

$$-D\,i\,i'\,d\,s'\,(\cos.\,\xi \cos.\,\xi' + \cos.\,\eta \cos.\,\eta' + \cos.\,\zeta \cos.\,\zeta').$$

Soit AD (fig. 4) la droite qui fait avec les axes les angles ξ', η', ζ', et ψ' l'angle DAK qu'elle fait avec sa projection AK sur le plan bAG, on aura

$$-\tfrac{1}{2}ii'\,U\,ds' = -\frac{Dii'\,ds'}{2}\cos.\,HAD,$$

c'est-à-dire,

$$-\frac{D\,ii'\,ds}{2}\sin.\,\psi'.$$

Une remarque importante à faire, c'est que la direction de AD étant déterminée uniquement par les intégrales A, B, C, est indépendante de la direction de l'élément ab. De plus, l'action dans un plan quelconque est proportionnelle au sinus de l'angle ψ' que fait AD avec ce plan, et par conséquent elle est nulle dans le plan bAD qui passe par AD et par l'élément ab.

Cette dernière conséquence démontre que la résultante totale des actions exercées sur ab par des circuits fermés est perpendiculaire au plan bAD. Cette résultante étant à la fois perpendiculaire à ab et AD changera de direction en même temps que l'élément ab, mais restera toujours perpendiculaire à AD, et ne sortira pas par conséquent du plan mené par A perpendiculairement sur AD, et auquel je donnerai le nom de *plan directeur*. Pour connaître la valeur de cette résultante, il suffira de supposer que le plan bAG devienne perpendiculaire à bAD, et l'action dans ce plan sera préci-

sément la résultante cherchée. ψ' devient alors l'angle bAD que je désignerai par ε; l'expression

$$-\frac{Dii'\,ds'}{2}\sin.\psi'$$

se trouve alors à son *maximum* et donne pour la valeur de la résultante

$$-\frac{Dii'\,ds'}{2}\sin.\varepsilon.$$

Cette valeur est proportionnelle au sinus de l'angle de AD avec l'élément ab, d'où l'on conclut facilement que la résultante est nulle dans le cas seulement où l'angle ε est égal à zéro ou à π, c'est-à-dire, lorsque l'élément ab est en ligne droite avec AD; et qu'elle est la plus grande possible quand on a

$$\varepsilon=\frac{\pi}{2},$$

c'est-à-dire, quand l'élément ab est dans un plan perpendiculaire à AD, sa valeur est alors

$$-\frac{Dii'\,ds'}{2}.$$

Il est à remarquer que si, au lieu de considérer l'action de l'élément Mm sur ab, comme une force dirigée suivant la droite qui joint ces deux élémens, et dont l'expression est $ii'\,ds'\,r^k\,d\,(r^k\cos.\beta)$, on regardait cette action comme un phénomène compliqué d'où résulterait seulement sur ab une force dirigée suivant la perpendiculaire élevée dans le plan MAb à la direction de ab, et dont la valeur serait $ii'\,ds'\,r^k\sin.\beta\,d\,(r^k\cos.\beta)$, ou

$$\tfrac{1}{2} ii'ds' \left(d \frac{\sin.\beta \cos.\beta}{r^{n-1}} - \frac{d\beta}{r^{n-1}} \right) (1),$$

on trouverait encore que l'action exercée par un système de courans fermés ou indéfinis dans les deux sens, sur l'élément *ab* dans un plan quelconque *bAG* passant par *ab*, serait encore perpendiculaire à cet élément et égale à

$$- \frac{ii'ds'}{2} \int \frac{\overline{AN}^2 d\varphi}{r^{n+1}};$$

en sorte que tous les résultats que nous venons d'obtenir subsisteraient, et tant qu'il ne s'agirait que de l'action mutuelle de courans électriques fermés ou indéfinis dans les deux sens, les phénomènes seraient également bien représentés par cette hypothèse; mais il suffit de faire agir des portions de courans électriques qui ne forment pas des circuits fermés pour observer des faits qui sont en contradiction avec elle, et s'accordent, au contraire, parfaitement avec la force dirigée suivant la ligne qui joint les milieux des deux élémens entre lesquels elle s'exerce, et dont la valeur est telle que la donne ma formule.

C'est ce qu'on démontre de la manière la plus complète par une expérience due à M. Savary, et que j'ai publiée depuis long-temps dans mon recueil d'Observations électro-dynamiques, pag. 243 et 244, en y remplaçant la spirale en fil de cuivre qui y est décrite par une lame circulaire. Cette lame *ABC* (fig. 5) forme un arc de cercle presque égal à une circonférence entière; mais ses extrémités *A* et *C* sont séparées l'une de l'autre

(1) *Recueil d'Observations électro-dynamiques*, p. 331.

par un morceau *D* d'une substance isolante. On met une de ces extrémités, *A* par exemple, en communication avec un des rhéophores par la pointe *O* qu'on place dans la coupe *S* pleine de mercure; cette pointe *O* communique avec l'extrémité *A* par le fil de cuivre *AE* dont le prolongement *EF* soutient en *F* la lame *ABC* par un anneau de substance isolante, qui entoure en ce point le fil de cuivre. Lorsque la pointe *O* (fig. 5) repose sur le fond de la coupe *S* (fig. 6), la lame *ABC* plonge dans l'eau acidulée que contient le vase de cuivre *MN* qui communique avec l'autre rhéophore; on voit alors tourner cette lame dans le sens *CBA*, et pourvu que la pile soit assez forte, le mouvement reste toujours dans ce sens lorsqu'on renverse les communications avec la pile, en changeant réciproquement les deux rhéophores de la coupe *P* à la coupe *R*, ce qui prouve que ce mouvement n'est point dû à l'action de la terre, et ne peut venir que de celle que les courans de l'eau acidulée exercent sur le courant de la lame circulaire *ABC*, et qui est toujours répulsive ainsi que je l'ai expliqué dans le passage de mon Recueil cité plus haut, parce que si *GH* représentent un des courans de l'eau acidulée qui se prolonge en *HK* dans la lame *ABC*, quel que soit le sens de ce courant, il parcourra évidemment l'un des côtés de l'angle *GHK* en s'approchant, et l'autre en s'éloignant du sommet *H*. Mais il faut, pour que le mouvement qu'on observe dans ce cas ait lieu, que la répulsion entre deux élémens, l'un en *I* et l'autre en *L*, ait lieu suivant la droite *IL*, oblique à l'arc *ABC*, et non suivant la perpendiculaire *LT* à l'élément situé en *L*, car la direction de cette

perpendiculaire rencontrant la verticale menée par le point *O* autour de laquelle la partie mobile de l'appareil est assujettie à tourner, une force dirigée suivant cette perpendiculaire ne pourrait lui imprimer aucun mouvement de rotation.

Je viens de dire que, pour s'assurer que le mouvement de cet appareil n'est pas produit par l'action de la terre en constatant qu'il continue d'avoir lieu dans le même sens quand on renverse les communications avec la pile en changeant les rhéophores de coupes, il fallait que la pile fût assez forte; il est impossible, en effet, dans cette disposition du conducteur mobile, d'empêcher la terre d'agir sur le fil vertical *AP* pour le porter à l'ouest quand le courant y est ascendant, à l'est quand le courant y est descendant, et sur le fil horizontal *PR* pour le faire tourner autour de la verticale passant par le point *O*, dans le sens direct est, sud, ouest, quand le courant va de *P* en *R*, en s'approchant du centre de rotation, et dans le sens rétrograde ouest, sud, est, quand il va de *R* en *P*, en s'éloignant du même centre (1). La première de ces deux actions est peu sensible, lors du moins qu'on ne donne au fil vertical *AP* que la longueur nécessaire pour la stabilité du conducteur mobile sur sa pointe *O*; mais la seconde est déterminée par les dimensions de l'appareil, et comme elle change de sens lorsqu'on renverse les communications

---

(1) *Voyez*, sur ces deux sortes d'actions exercées par le globe terrestre, ce qui est dit dans mon *Recueil d'Observations électro-dynamiques*, pages 280-284.

avec la pile, elle s'ajoute dans un ordre de communications avec l'action exercée par les courans de l'eau acidulée et s'en retranche dans l'autre; c'est pourquoi le mouvement observé est toujours plus rapide dans un cas que dans l'autre : cette différence est d'autant plus marquée que le courant produit par la pile est plus faible, parce qu'à mesure que son intensité diminue, l'action électro-dynamique étant, toutes choses égales d'ailleurs, comme le produit des intensités des deux portions de courans qui agissent l'une sur l'autre, cette action entre les courans de l'eau acidulée et ceux de la lame *ABC* (fig. 5) diminue comme le carré de leur intensité, tandis que l'intensité des courans terrestres restant la même, leur action sur ceux de cette lame ne devient moindre que proportionnellement à la même intensité : à mesure que l'énergie de la pile diminue, l'action du globe devient de plus en plus près de détruire celle des courans de l'eau acidulée dans la disposition des communications avec la pile où ces actions sont opposées, et l'on voit, lorsque cette énergie est devenue très-faible, l'appareil s'arrêter dans ce cas, et le mouvement se produire ensuite en sens contraire; alors l'expérience conduirait à une conséquence opposée à celle qu'il s'agissait d'établir, puisque l'action de la terre devenant prépondérante, on pourrait méconnaître l'existence de celle des courans de l'eau acidulée. Au reste, la première de ces deux actions est toujours nulle sur la lame circulaire *ABC*, parce que la terre agissant comme un système de courans fermés, la force qu'elle exerce sur chaque élément étant perpendiculaire à la direction de cet élément, passe par la verticale menée par le point *O*, et

ne peut, par conséquent, tendre à faire tourner autour d'elle le conducteur mobile.

§ II. *Intégrations des Formules précédentes dans le cas où le système se réduit à un seul courant circulaire fermé.*

Lorsque le système n'est composé que d'un seul courant parcourant une circonférence de cercle d'un rayon quelconque m, on prendra, pour simplifier le calcul, le plan mené par l'origine des coordonnées, c'est-à-dire, par le milieu A de l'élément ab (fig. 7) parallèlement à celui du cercle pour le plan des xy, et le plan qui lui est mené perpendiculairement par la même origine et par le centre O du cercle pour celui des xz.

Soient p et q les coordonnées de ce centre O; supposons que le point C soit la projection de O sur le plan des xy, N celle d'un point quelconque M du cercle, et nommons ω l'angle ACN; si l'on abaisse NP perpendiculairement sur AX, les trois coordonnées x, y, z du point M seront MN, NP, AP; et l'on trouvera facilement pour leurs valeurs

$$z = q, \; y = m \sin.\, \omega, \; x = p - m \cos.\, \omega.$$

Mais il est aisé de voir que les quantités que nous avons désignées par A, B, C sont respectivement égales à

$$\int \frac{y\,dz - z\,dy}{r^{n+1}}, \; \int \frac{z\,dx - x\,dz}{r^{n+1}}, \; \int \frac{x\,dy - y\,dx}{r^{n+1}};$$

on a donc :

$$A = -mq\int\frac{\cos.\,\omega\,du}{r^{n+1}},$$

$$B = mq\int\frac{\sin.\,\omega\,du}{r^{n+1}},$$

$$C = mp\int\frac{\cos.\,\omega\,d\omega}{r^{n+1}} - m^2\int\frac{d\omega}{r^{n+1}}.$$

Si l'on intègre par partie ceux de ces termes qui contiennent sin. ω et cos. ω, en faisant attention que $r^2 = x^2 + y^2 + z^2 = q^2 + p^2 + m^2 - 2mp\cos.\,\omega$ donne

$$dr = \frac{mp\sin.\,\omega\,d\omega}{r};$$

et en supprimant les termes qui sont nuls parce que ces intégrales doivent être prises depuis $\omega = 0$ jusqu'à $\omega = 2\pi$, on trouvera

$$U = m^2\left\{(n+1)\,(p^2\cos.\,\zeta - pq\cos.\,\xi)\int\frac{\sin.^2\omega d\omega}{r^{n+3}} - \cos.\zeta\int\frac{d\omega}{r^{n+1}}\right\}.$$

Or, l'angle ξ peut être exprimé au moyen de ζ; car, en désignant par h la perpendiculaire OK abaissée du centre O sur le plan bAG, on aura $h = q\cos.\,\zeta + p\cos.\,\xi$; d'où il est aisé de voir que la valeur de U peut s'écrire ainsi :

$$U = m^2\left\{(n+1)[(p^2+q^2)\cos.\,\zeta - hq]\int\frac{\sin.^2\omega d\omega}{r^{n+3}} - \cos.\zeta\int\frac{d\omega}{r^{n+1}}\right\}.$$

Cette intégration est très-facile dans le cas où le rayon m est très-petit par rapport à la distance l de l'origine A au centre O; car, si on développe la valeur de la troisième série, on verra que quand on néglige les puissances de m supérieures à 3, les termes en m^3 s'évanouissent entre les limites $0, 2\pi$, et que ceux en m^2 s'obtiennent en rem-

plaçant r par l; il ne reste alors qu'à calculer les valeurs de $\int \sin.^2 \omega\, d\omega$ et de $\int d\omega$ depuis $\omega = 0$ jusqu'à $\omega = 2\pi$; ce qui donne π pour la première, et 2π pour la seconde: la valeur de U se réduit donc à

$$U = \pi m^2 \left\{ \frac{(n-1)\cos.\zeta}{l^{n+1}} - \frac{(n+1)hq}{l^{n+3}} \right\}.$$

Les résultats exposés dans ces deux paragraphes sont indépendans de la valeur qu'on donne à l'exposant de la puissance de la distance à laquelle on suppose que l'action électro-dynamique est réciproquement proportionnelle quand cette distance varie sans que les élémens de courans électriques entre lesquels elle s'exerce changent de direction. Il n'en est pas de même des résultats dont je m'occupe dans le reste de mon Mémoire, et qui sont relatifs au cas où le système de courans formant des circuits fermés dont nous venons d'examiner les propriétés devient un solénoïde électro-dynamique tel que je l'ai défini plus haut; ces résultats n'ont lieu que dans deux cas, dans celui de la nature, c'est-à-dire, lorsque l'action électro-dynamique est réciproquement proportionnelle au carré de la distance quand elle varie seule, et dans le cas où l'on supposerait qu'elle est alors directement proportionnelle à la distance. Ils sont dus à M. Savary, qui les a d'abord obtenus pour un cylindre électro-dynamique et ensuite pour un solénoïde quelconque (1). La nouvelle démonstration que j'en donne

(1) *Mémoire sur l'Application du calcul aux phénomènes électro-dynamiques*, par M. Savary. Chez Bachelier, li-

s'applique directement au solénoïde, et comprend ainsi le cas où il s'agit d'un cylindre, qui n'est qu'une espèce particulière de solénoïde.

§ III. *Action d'un Solénoïde sur un élément de courant électrique.*

Dans les calculs du paragraphe précédent, nous avons supposé au cercle décrit par le courant électrique une position particulière relativement aux axes; mais pour calculer l'action exercée par un système de courans circulaires, tel que celui auquel j'ai donné le nom de *solénoïde*, il faut déterminer les diverses positions de ces courans en les rapportant à des axes relativement auxquels ils soient situés conformément à la nature du système, et voir ce que devient alors la formule ci-dessus.

Dans ces calculs ζ désignait l'angle de la perpendiculaire au plan du cercle avec la normale au plan dans lequel on veut en calculer l'action. Si donc on considère un quelconque des courans circulaires du solénoïde, qu'on nomme x, y, z, les coordonnées de son centre, l exprimant toujours la distance de ce centre à l'origine, et qu'on cherche les actions qu'exerce ce courant dans chacun des trois plans coordonnés, les normales à ces plans seront respectivement les axes des x, des y et des z; la perpendiculaire au plan du cercle sera la tangente à la directrice du solénoïde, c'est-à-dire, à la ligne droite ou courbe qui passe par les centres de tous les courans cir-

---

braire, quai des Augustins, n° 55. *Voyez* les *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXII, pag. 91-100, et t. XXIII, pag. 413-415.

culaires dont il se compose, et les valeurs de cos. ζ relatives à ces trois cas seront

$$\frac{dx}{ds}, \frac{dy}{ds}, \frac{dz}{ds}.$$

Quant à la quantité désignée par q, qui est la perpendiculaire abaissée du milieu de l'élément sur le plan du cercle, elle est évidemment égale à la somme des projections des coordonnées x, y, z, sur la tangente à la directrice du solénoïde, de sorte qu'on a

$$q = x\frac{dx}{ds} + y\frac{dy}{ds} + z\frac{dz}{ds} = \frac{ldl}{ds}.$$

Enfin h étant la perpendiculaire abaissée du centre du cercle sur le plan suivant lequel on estime l'action, cette quantité sera successivement égale à x, à y ou à z, suivant qu'on cherchera l'action exercée par le système dans le plan des yz, dans celui des xz ou dans celui des xy.

Considérons d'abord la somme des projections des aires sur le plan des yz divisées respectivement par les puissances $n+1$ des distances, somme que nous avons désignée par A, nous trouverons

$$A = \pi m^2 \left\{ \frac{(n-1)\frac{dx}{ds}}{l^{n+1}} - \frac{(n+1)x\frac{dl}{ds}}{l^{n+1}} \right\}.$$

Soit maintenant g la distance de deux courans circulaires consécutifs, leur nombre dans l'intervalle ds sera $\frac{ds}{g}$, et comme ils peuvent être considérés comme parallèles et également distans de l'origine A, ils exerceront des forces égales, dont la somme s'obtiendra en multipliant

la première par leur nombre $\frac{ds}{g}$, ce qui donnera pour cette somme relativement à l'élément ds du solénoïde

$$\frac{\pi m^2}{g}\left\{\frac{(n-1)\,dx}{l^{n+1}}-\frac{(n+1)\,x\,dl}{l^{n+2}}\right\}.$$

En intégrant cette expression dans toute l'étendue du solénoïde, et en faisant cette opération par partie sur son premier terme

$$\frac{(n-1)\,dx}{l^{n+1}},$$

on aura la valeur de A, savoir

$$A=\frac{\pi m^2}{g}\left\{\frac{(n-1)\,x}{l^{n+1}}+(n^2-n-2)\int\frac{x\,dl}{l^{n+2}}\right\}.$$

On trouvera des valeurs semblables pour B et pour C.

Il est facile de déterminer la constante n dans ces expressions d'après les expériences de MM. Gay-Lussac et Velter, H. Davy, Erman, expériences qui ont montré que l'action exercée sur ds' est nulle quand le solénoïde a pour directrice une courbe fermée; car alors le premier terme de chacune d'elles disparaît aux limites, et le second doit par conséquent s'évanouir lui-même: mais comme il faut que cela ait lieu, quelle que soit la nature de la courbe fermée qui passe par les centres de tous les courans circulaires du solénoïde, et qu'on peut toujours supposer entre les coordonnées et la distance l des relations telles que l'intégrale contenue dans ce second terme ne fût pas nulle entre les limites, on a nécessairement $n^2-n-2=0$, ce qui donne les deux valeurs $n=2$, $n=-1$.

L'expérience que j'ai déjà citée au sujet du signe de k,

montrant que celle de n ne peut être négative, il s'ensuit qu'on ne peut avoir que $n=2$; ce qui réduit les valeurs de A, B, C à leurs premiers termes, et en les prenant entre des limites quelconques depuis x', y', z', l', jusqu'à x'', y'', z'', l''.

On trouve, à cause de $n=2$

$$A=\frac{\pi m^2}{g}\left(\frac{x''}{l''^3}-\frac{x'}{l'^3}\right),$$

$$B=\frac{\pi m^2}{g}\left(\frac{y''}{l''^3}-\frac{y'}{l'^3}\right),$$

$$C=\frac{\pi m^2}{g}\left(\frac{z''}{l''^3}-\frac{z'}{l'^3}\right).$$

Si le solénoïde s'étendait à l'infini dans les deux sens, tous les termes de ces valeurs de A, B, C deviendraient nuls : l'action exercée par un tel solénoïde se réduit donc alors à zéro, comme dans le cas où il aurait pour directrice une courbe fermée. Si nous supposons qu'il ne s'étende à l'infini que dans un seul sens, ce que j'exprimerai en lui donnant alors le nom de *solénoïde indéfini*, nous n'aurons à considérer que l'extrémité dont les coordonnées x', y', z' ont des valeurs finies; car l'autre extrémité étant supposée à une distance infinie et les premiers termes des valeurs de A, B, C étant par conséquent nuls, nous aurons

$$A=-\frac{\pi m^2 x'}{g l'^3},\ B=-\frac{\pi^2 y'}{g l'^3},\ C=-\frac{\pi m^2 z'}{g l'^3};$$

donc $A:B:C::x':y':z'$, d'où il suit qu'en faisant toujours $D=\sqrt{A^2+B^2+C^2}$, la droite qui, passant par

l'origine, forme avec les axes des angles dont les cosinus sont

$$\frac{A}{D}, \frac{B}{D}, \frac{C}{D},$$

passe aussi par l'extrémité du solénoïde dont les coordonnées sont x', y', z'.

Nous avons vu que dans le cas général la résultante totale est perpendiculaire sur cette droite ; ainsi l'action d'un solénoïde indéfini sur un élément est perpendiculaire à la droite qui joint le milieu de cet élément à l'extrémité du solénoïde, et comme elle doit aussi être perpendiculaire à l'élément, elle le sera au plan mené par cet élément et par l'extrémité du solénoïde.

Sa direction étant déterminée, il ne reste plus qu'à en connaître la valeur : or, le calcul fait dans le cas général a donné précédemment pour cette valeur

$$-\frac{Dii'\,ds \sin. \varepsilon'}{2g},$$

ε' étant l'angle de l'élément ds avec la normale au plan directeur, et comme $D=\sqrt{A^2+B^2+C^2}$, on trouvera aisément

$$D=-\frac{1}{l'^2},$$

et la valeur de la résultante deviendra

$$\frac{\pi m^2\, ii'\, ds' \sin. \varepsilon'}{2g\,l'^2}.$$

On voit donc que l'action qu'un solénoïde indéfini dont l'extrémité est en L' (fig 8) exerce sur l'élément ab, est normale en A au plan bAL', proportionnelle au

sinus de l'angle bAL' et en raison inverse du carré de la distance AL', et qu'elle reste toujours la même quelles que soient la forme et la direction de la courbe indéfinie $L'L''O$ sur laquelle on suppose placés tous les centres des courans circulaires dont se compose le solénoïde indéfini.

Si l'on veut passer de là au cas d'un solénoïde défini dont les deux extrémités soient situées à deux points donnés L', L'', il suffira de supposer un second solénoïde indéfini commençant au point L'' du premier et coïncidant avec lui depuis ce point jusqu'à l'infini, ayant ses courans de même intensité, mais dirigés en sens contraire, l'action de ce dernier sera de signe contraire à celle du premier solénoïde indéfini partant du point L', et la détruira dans toute la partie $L''O$ où ils seront superposés; l'action du solénoïde $L'L''$ sera donc la même qu'exercerait la réunion de ces deux solénoïdes indéfinis, et se composera, par conséquent, de la force que nous venons de calculer et d'une autre force agissant en sens contraire, passant de même par le point A perpendiculaire au plan bAL'', et dont l'expression est

$$\frac{\pi m^2 i i' ds \sin. \varepsilon''}{2g l''^2},$$

ε'' étant l'angle bAL'' et l'' la distance AL''. L'action totale du solénoïde $L'L''$ est la résultante de ces deux forces, et passe, comme elles, par le point A.

Comme l'action d'un solénoïde défini se déduit immédiatement de celle du solénoïde indéfini, nous commencerons, dans tout le reste de ce mémoire, par considérer le solénoïde indéfini qui offre des calculs simples, et

dont il est toujours facile de conclure ce qui a lieu relativement à un solénoïde défini.

Soient L' (fig. 9) l'extrémité d'un solénoïde indéfini, A le milieu d'un élément quelconque, ba d'un courant électrique MAN, et $L'K$ une droite fixe quelconque menée par le point L'; nommons θ l'angle variable $KL'A$, μ l'inclinaison des plans bAL', $AL'K$, et l' la distance $L'A$. L'action de l'élément ba sur le solénoïde étant égale et opposée à celle que ce dernier exerce sur l'élément, il faudra considérer un point situé en A lié invariablement au solénoïde, et sollicité par une force dont l'expression soit

$$\frac{\pi m^2 i i' ds' \sin. bAL'}{2g l'^2} \text{ ou } \frac{\pi m^2 i i' d\nu}{g l'^3},$$

en nommant $d\nu$ l'aire baL' qui est égale à

$$\frac{l' ds' \sin. bAL'}{2};$$

et cette action est normale en A au plan bAL'. Pour avoir son moment par rapport à l'axe $L'K$, il faut chercher sa composante perpendiculaire à $AL'K$ et la multiplier par la perpendiculaire AP abaissée du point A sur la droite $L'K$. Cette composante s'obtient en multipliant l'expression précédente par $\cos. \mu$; mais $d\nu \cos. \mu$ est la projection de l'aire $d\nu$ sur le plan $AL'K$, d'où il suit qu'en représentant cette projection par du, on a pour la valeur de la composante cherchée

$$\frac{\pi m^2 i i' du}{g l'^3}.$$

Or, la projection de l'angle $aL'b$ sur $AL'K$ peut être

considérée comme la différence infiniment petite des angles $KL'a$ et $KL'b$: ce sera donc $d\theta$ et l'on aura

$$du = \frac{l'^2\, d\theta}{2};$$

ce qui réduit la dernière expression à

$$\frac{\pi\, m^2\, ii'\, d\theta}{2g\, l'};$$

et en la multipliant par $AP = l' \sin.\, \theta$, on a

$$\frac{\pi\, m^2\, ii'}{2g} \sin.\, \theta\, d\theta.$$

Cette expression intégrée dans toute l'étendue de la courbe MAN donne le moment de ce courant pour faire tourner le solénoïde autour de $E'K$: or, si le courant est fermé, l'intégrale, qui est en général

$$C - \frac{\pi\, m^2\, ii' \cos.\, \theta}{2g},$$

s'évanouit entre les limites, et le moment est nul par rapport à une droite quelconque LK.

Il suit de là que dans l'action d'un circuit fermé ou d'un système quelconque de circuits fermés sur un solénoïde indéfini, toutes les forces appliquées aux divers élémens du système peuvent être considérées comme appliquées à l'extrémité même du solénoïde ; leur résultante passe donc par cette extrémité, et ces forces ne peuvent, dans aucun cas, tendre à lui imprimer un mouvement de rotation autour d'une droite menée par son extrémité conformément aux résultats des expériences. Si le courant représenté par la courbe MAN n'était pas fermé,

son moment pour faire tourner le solénoïde autour de LK serait, en appelant θ' θ'' les valeurs extrêmes de θ,

$$\frac{\pi m^2 i i'}{2g} (\cos. \theta' - \cos. \theta'').$$

Considérons maintenant un solénoïde défini $L'L''$ (fig. 10) qui puisse tourner autour d'un axe passant par ses deux extrémités. Nous pourrons lui substituer comme précédemment deux solénoïdes indéfinis, et la somme des actions du courant MAN sur chacun d'eux sera son action sur $L'L''$. Nous venons de trouver la valeur de la première, et en appelant $\theta_,'$ $\theta_,''$ les angles correspondans à θ', θ'', mais relatifs à l'extrémité L'', on aura pour la seconde

$$\frac{\pi m^2 i i'}{-2g} (\cos. \theta_,' - \cos. \theta_,'').$$

L'action de MAN, pour faire tourner le solénoïde autour de LL', sera donc

$$\frac{\pi m^2 i i'}{2g} \left(\cos. \theta' - \cos. \theta'' - \cos. \theta_,' + \cos. \theta_,'' \right).$$

Cette action est nulle non-seulement quand le courant MN forme un circuit fermé, mais encore quand on suppose qu'il s'étend à l'infini dans les deux sens, parce qu'alors ses extrémités étant à une distance infinie de celles du solénoïde, l'angle θ' devient égal à $\theta_,'$, et l'angle $\theta_,''$ à θ''.

§ IV. *Action mutuelle d'un solénoïde et d'un système quelconque de courans formant des circuits fermés ou indéfinis dans les deux sens.*

Puisque la résultante des forces exercées sur un solénoïde indéfini par tous les points d'un système de courans

formant des circuits fermés, ou s'étendant à l'infini dans les deux sens, passe par l'extrémité de ce solénoïde, on peut supposer toutes ces forces transportées à son extrémité, et la supposer placée à l'origine *A* (fig. 11) des coordonnées; soit alors *BM* une portion d'un des courans de ce système, l'action exercée sur le solénoïde par un élément quelconque *Mm* de *BM* est, d'après ce qui précède, normale au plan *AMm* et exprimée par

$$\frac{\pi m^2 ii' dv}{g r^3},$$

dv étant l'aire *AMm*, et r la distance variable *AM*.

Pour avoir cette action estimée suivant *AX*, il faudra la multiplier par le cosinus de l'angle qu'elle fait avec *AX*, lequel est le même que l'angle des plans *AMm*, *ZAY*; mais dv multiplié par ce cosinus est la projection de *AMm* sur *ZAY*, qui est égale à

$$\frac{y\,dz - z\,dy}{2}.$$

Si donc on veut avoir l'action suivant *AX* exercée par un nombre quelconque de courans formant des circuits fermés, il faudra prendre dans toute l'étendue de ces courans l'intégrale

$$\frac{\pi m^2 ii'}{2g} \int \frac{y\,dz - z\,dy}{r^3}, \text{ qui est } \frac{\pi m^2 ii' A}{2g},$$

A désignant toujours la même intégrale que précédemment dans laquelle on a remplacé n par sa valeur 3, semblablement l'action suivant *AY* sera exprimée par

$$\frac{\pi m^2 ii' B}{2g},$$

et suivant AZ par

$$\frac{\pi m^2 ii' C}{2g}.$$

La résultante de l'action exercée par un nombre quelconque de circuits fermés ou de courans indéfinis dans les deux sens sur le solénoïde indéfini, aura donc pour valeur

$$\frac{\pi m^2 ii' D}{2g},$$

en désignant toujours $\sqrt{A^2+B^2+C^2}$ par D, et les cosinus des angles qu'elle fait avec les axes des x, des y et des z seront

$$\frac{A}{D}, \frac{B}{D}, \frac{C}{D},$$

valeurs qui sont précisément celles des cosinus des angles que fait avec les mêmes axes la normale au plan directeur que l'on obtiendrait en considérant l'action des mêmes circuits sur un élément situé en A. Or, cet élément serait porté par l'action du système dans une direction comprise dans le plan directeur, d'où l'on tire cette conséquence remarquable que lorsqu'un système quelconque de circuits fermés agit alternativement sur un solénoïde indéfini et sur un élément situé à l'extrémité de ce solénoïde, les directions suivant lesquelles sont portés respectivement l'élément et l'extrémité du solénoïde sont perpendiculaires entre elles. Si l'on suppose l'élément situé dans le plan directeur lui-même, l'action que le système exerce sur lui est à son *maximum* et a pour valeur

$$\frac{ii' D ds'}{2}.$$

Celle que le même système exerce sur le solénoïde vient d'être trouvée égale à

$$\frac{\pi m^2 i i' D}{2g}:$$

ces deux forces sont donc toujours entr'elles dans le rapport de ds' à

$$\frac{\pi m^2}{g};$$

c'est-à-dire, comme la longueur de l'élément est à la surface du cercle décrit par un des courans du solénoïde divisée par la distance de deux courans consécutifs, ce rapport est indépendant de la forme et de la grandeur des courans du système.

(*La suite au Cahier prochain.*)

INSTRUCTION *sur l'Essai du Chlorure de chaux.*

PAR M. GAY-LUSSAC.

L'INCERTITUDE qui a existé jusqu'à présent dans la détermination du titre du *chlorure de chaux*, et, par suite, de sa valeur commerciale, incertitude qui n'a pas peu contribué à en retarder l'adoption, nous a déterminés à publier une instruction sur cet objet. Nous la diviserons en deux parties : dans la première, nous exposerons les principes sur lesquels est fondé l'essai du chlorure de chaux, et dans la seconde, nous donnerons la description d'un instrument que nous désignons par le nom de *chloromètre*, et celle des manipulations nécessaires pour faire cet essai avec une exactitude suffisante pour le besoin des arts qui font un emploi du chlore.

PREMIÈRE PARTIE.

Principes sur lesquels est fondé l'essai du Chlorure de chaux par l'indigo.

Le chlore détruit, comme on sait, les couleurs végétales, en formant avec leurs principes des composés nouveaux. C'est par cette propriété dont il jouit, soit à l'état gazeux, soit en dissolution dans l'eau, ou en combinaison avec un alcali, qu'il est employé dans l'art du blanchiment et dans celui des toiles peintes. La même quantité de chlore, dans chacun de ces trois états, détruit la même quantité de matière colorante; et comme, lorsqu'il est combiné avec un alcali, il a acquis de la fixité, qu'il n'est presque plus odorant, qu'il se conserve beaucoup mieux, qu'il est plus facilement transportable, et qu'on peut l'avoir dans un très-grand état de concentration, on sent tout l'avantage qu'il y a à le préparer sous cette dernière forme.

La potasse, la soude et la chaux, à l'état caustique et même carbonaté, se combinent très-bien avec le chlore. La combinaison de la potasse du commerce ou de la soude est connue depuis long-temps en France sous le nom d'*eau de javelle*; celle avec la chaux a porté le nom de *muriate oxigéné de chaux*; mais il est plus exact, ainsi qu'on le fait généralement, de désigner la première par le nom de *chlorure de potasse* ou *de soude*, et la dernière par celui de *chlorure de chaux*.

Les chlorures de potasse, de soude et de chaux sont très-peu stables; on ne peut même obtenir les deux premiers qu'à l'état liquide, dans une grande quantité d'eau. Si la potasse, par exemple, était en dissolution con-

centrée, et qu'on y fit arriver du chlore, il se formerait d'abord du chlorure de potasse; mais bientôt ce chlorure se décomposerait en grande partie par la force de solubilité, et se changerait en chlorate de potasse et en chlorure de potassium. Ces deux derniers composés n'ayant pas la propriété de détruire les couleurs, on doit chercher à les éviter, et le seul moyen de prévenir leur formation est d'employer la potasse très-étendue, par exemple, 125 grammes au plus par litre d'eau.

La chaux n'a pas, comme la potasse ou la soude, l'inconvénient de convertir le chlore en acide chlorique. On peut, par conséquent, employer la chaux en masse pour la combiner avec le chlore.

La chaux entièrement sèche n'absorbe point le chlore; mais elle se combine rapidement avec lui quand elle est à l'état d'hydrate; c'est-à-dire, qu'elle contient la quantité d'eau qu'elle peut prendre dans un air humide pour se déliter et se réduire en poudre. En admettant qu'elle soit à l'état d'hydrate, elle forme, suivant M. Welter, un sous-chlorure, et ne dépasse pas ce terme. Ce sous-chlorure est composé de,

2 proportions de chaux	$= 2 \times 35{,}603$	$= 71{,}206$;
2 ——— d'eau	$= 2 \times 11{,}2435$	$= 22{,}487$;
1 ——— de chlore	$= \ldots\ldots\ldots\ldots$	$= 44{,}2653$.
		137,9583.

En le délayant dans l'eau, il se décompose aussitôt; une moitié de la chaux se précipite, et l'autre moitié reste en dissolution, combinée avec tout le chlore, et forme par conséquent un chlorure neutre.

Il existe donc deux combinaisons du chlore avec la

chaux, un sous-chlorure et un chlorure neutre. Le sous-chlorure s'obtient en saturant la chaux hydratée de chlore, et le chlorure en dissolvant le sous-chlorure dans l'eau, ou en saturant de chlore la chaux délayée dans ce liquide.

Le chlorure neutre, disons simplement le chlorure, est très-soluble : on peut cependant le faire cristalliser, et l'obtenir en petits prismes. Sa dissolution, abandonnée au contact de l'air, se décompose peu à peu; une partie de la chaux se combine avec l'acide carbonique contenu dans l'air, et le chlore qui était combiné avec elle se dégage. On retarde cette décomposition du chlorure en entrétenant constamment un excès de chaux dans sa dissolution. D'après ces propriétés du chlorure, on sentira l'avantage qu'il y a à ne fabriquer que du sous-chlorure; sa conservation et son transport sont beaucoup plus faciles.

La quantité de chlore en combinaison avec l'eau ou avec une base peut être évaluée par plusieurs procédés; mais dans les arts, où il faut que les essais se fassent avec promptitude, on a donné la préférence au procédé de M. Descroizilles, qui est fondé sur la propriété qu'a le chlore de décolorer l'indigo. 1 partie d'indigo dissoute dans 9 d'acide sulfurique concentré, puis étendue dans 990 d'eau, forme la liqueur colorée dont on se sert généralement pour déterminer le titre du chlore.

Dans les mêmes circonstances, le chlorure de chaux décolore une quantité de cette dissolution proportionnelle à la sienne; mais en les faisant varier, on obtient des résultats aussi très-variables. Ainsi, en versant le

chlorure dans l'indigo, et en ne faisant pas l'opération très-rapidement, il faut beaucoup moins de chlorure pour produire la décoloration que si l'on fait l'opération d'une manière inverse. On obtient le minimum de dissolution d'indigo que le chlore peut décolorer, en versant très-lentement l'indigo dans le chlorure, et le maximum en versant aussi très-lentement le chlorure dans l'indigo. Des essais multipliés ont prouvé que le meilleur procédé pour obtenir des effets constans et comparables est de verser *rapidement* la dissolution d'indigo dans celle du chlorure, ou celle-ci dans la première. Nous dirons plus tard la manière d'opérer.

Si l'indigo du commerce était pur, ou si du moins on l'avait constamment au même titre, la quantité de sa dissolution qu'on emploierait dans chaque essai donnerait le titre relatif du chlorure; mais comme sa qualité est au contraire très-variable, les résultats des essais avec des indigos différens ne sont plus comparables. Pour éviter ces inconvéniens, nous avons pris, à l'exemple de M. Welter, pour unité de force décolorante, celle du chlore pur sans humidité, sous la pression de $0^{m},76$ et à la température de 0°. D'après cela, étant donné un indigo quelconque, mais des meilleurs du commerce, nous préparons sa dissolution de manière que le chlore en décolore exactement dix fois son volume, et nous nommons cette dissolution *teinture d'épreuve*. Nous appelons *degré* chaque volume de teinture d'épreuve décoloré, et nous divisons le degré en 10 parties.

Ainsi, en prenant un poids de 10 grammes de chlorure de chaux et le dissolvant dans l'eau, de manière à former 1 litre de liquide, le nombre de volumes d'indigo

ou degrés détruits par un volume de la dissolution du chlorure, indiquera le nombre de dixièmes de litre de chlore que celle-ci contient. Par conséquent, 1 kilogramme de chlorure de chaux dont le titre aurait été ainsi déterminé, et serait, par exemple, de 7°,6 ou 76 centièmes, contiendrait 76 litres de chlore. Chaque degré vaut donc 10 litres par kilogramme de chlorure, et chaque dixième 1 litre. En supposant le sous-chlorure de chaux parfaitement pur, et formé comme nous l'avons supposé page 5, il contient par kilogramme 101^{lit},21 de chlore.

La base que nous venons d'adopter nous a paru devoir mériter la préférence par la simplicité et la précision du langage auquel elle conduit pour la chlorométrie, et qui pourra rester le même, quelque moyen que l'on emploie pour mesurer la force du chlore.

On obtient, en général, une plus grande précision avec une dissolution faible de chlorure, marquant, par exemple, 4 à 5 degrés, qu'avec une dissolution très-concentrée. Si donc, après un premier essai, on trouvait que le chlorure dépassât de beaucoup 10°, on ajouterait à sa dissolution un volume connu d'eau, par exemple, deux fois celui de la dissolution; on en ferait ensuite l'essai, et on triplerait le nombre de degrés trouvé pour avoir le véritable titre du chlorure.

Essai de l'Oxide de manganèse.

L'oxide de manganèse qu'on emploie pour produire le chlore est d'une pureté très-variable, et il importe, par conséquent, de la connaître.

M. Berthier a fait l'analyse de plusieurs espèces d'oxide de manganèse (*Ann. de Chim. et de Phys.*,

t. xx, p. 344). Comme c'est la quantité de chlore qu'elles peuvent fournir qui doit fixer leur valeur, nous avons, d'après ce principe, formé le tableau suivant :

1k. de manganèse pur fournit..........	0k,7964 de chlore.
Crettnich, près Saarbruk.........	0,7525;
Calveron (Aude), sans calcaire.....	0,7658;
Calveron, avec calcaire...........	0,5754;
Périgueux (Dordogne)............	0,5179;
Romanèche (Saône-et-Loire)	0,4692 à 0,5135;
Laveline (Vosges)...............	0,4648;
Pesillo (Piémont), noir sans calcaire.	0,4426;
Pesillo noir avec calcaire.........	0,3320;
St.-Marcel (Piémont)............	0,2789 à 0,3098.

Ces résultats font connaître approximativement la valeur de ces diverses espèces de manganèse; mais pour déterminer celle d'un manganèse quelconque, il sera nécessaire d'en faire l'essai, et on y parviendra facilement de la manière suivante.

Le peroxide de manganèse pur est formé de :

Manganèse............	3gr.,5578;
Oxigène..............	2 ,0000;
	5 ,5578,

et peut produire 4gr.,4265 de chlore, ou 1lit.,3963 à la température de 0°, et sous la pression de 0m.,76°; par conséquent 3gr.,980 produiraient 1 litre de chlore, et 1kil. en produirait 251lit.,23.

On prendra donc 3gr.,980 de l'oxide de manganèse qu'on voudra essayer, on les traitera à une douce chaleur

par l'acide hydrochlorique, et on recevra le chlore qui se dégagera dans un peu moins d'un litre de lait de chaux ; vers la fin de l'opération, on fera bouillir l'acide hydro-chlorique pour faire passer le chlore des vaisseaux dans le lait de chaux, et on complètera le volume d'un litre en ajoutant au chlorure de chaux une quantité d'eau convenable. Le titre de ce chlorure donnera exactement celui de l'oxide de manganèse.

La valeur d'un oxide de manganèse ne dépend pas seulement de la quantité de chlore qu'il peut donner ; elle dépend aussi de celle d'acide hydrochlorique qu'il faut employer pour produire le chlore. Mais l'opération est délicate, et le bas prix de l'acide hydrochlorique peut dispenser de la faire. Nous ferons remarquer seulement que le peroxide de manganèse contient souvent du carbonate de chaux, de la baryte et du fer, qui saturent en pure perte une portion d'acide hydrochlorique ; et que le manganèse n'étant pas toujours à l'état de peroxide, la quantité d'acide hydrochlorique qu'il exige n'est plus proportionnelle à celle du chlore obtenu.

DEUXIÈME PARTIE.

Description du Chloromètre et de la manière de procéder dans l'essai du chlorure de chaux.

A, petite balance.

B, poids de 5 grammes.

C, mortier pour pulvériser le chlorure de chaux : en faisant cette opération, on est assuré que l'essai a plus d'exactitude, parce qu'il y a souvent dans le chlorure des grumeaux qui ne se dissolvent que lentement.

D, cloche à pied contenant ½ litre jusqu'au trait circulaire *m*, terminé par deux flèches en regard : c'est la surface de l'eau qu'on doit faire coïncider avec ce trait, et non son bord supérieur, qu'on a indiqué dans la figure par une ligne ponctuée.

La cloche doit être posée sur une table horizontale.

E, agitateur pour remuer la dissolution du chlorure et la rendre homogène : on l'enfonce et on le soulève alternativement dans le liquide, sans l'en faire sortir.

F, petite mesure ou pipette de 2 ½ centimètres cubes, constante dans le chloromètre dont il est question : elle est destinée à mesurer la dissolution de chlorure de chaux. Pour remplir cette pipette, on l'enfonce dans le chlorure jusqu'au-dessus du trait circulaire *n*, qui termine sa capacité, ou on y fait monter le chlorure par succion : quand elle est remplie, on pose l'index, qui ne doit être ni trop humide ni trop sec, sur son orifice supérieur ; on la sort du liquide et on appuie son extrémité inférieure sur le bord de la cloche à pied, comme on le voit en *G*, ou contre le doigt. En ménageant convenablement la pression, et en imprimant à la tige de la pipette un léger mouvement circulaire alternatif entre les doigts, le liquide descend lentement ; et quand le bas de la courbe concave qui le termine est dans le plan du petit trait circulaire, on arrête aussitôt l'écoulement en exerçant une plus forte pression, et on vide la pipette dans le grand verre à boire *H* (1).

---

(1) Quand la pipette sera devenue opaque, on lui rendra sa transparence en la trempant dans de l'acide hydro-chlorique ou dans du vinaigre.

H, grand verre à boire destiné au mélange de la teinture d'épreuve d'indigo avec le chlorure.

Il doit être placé sur une feuille de papier blanc, parce qu'il est plus facile d'apprécier les changemens de couleur qu'éprouve l'indigo en se décolorant par le chlore.

I, burette déstinée à mesurer la teinture d'épreuve: chaque grande division ou degré est d'une capacité égale à celle de la petite pipette *F*; le degré est divisé en 5 parties, ce qui a paru suffisant pour la pratique; mais pour le calcul, on transformera les cinquièmes en dixièmes. On remplit la burette de teinture d'épreuve jusqu'au degré o, et cela est très-facile; on y met un peu plus de teinture qu'il n'en faut, et on fait écouler l'excédant goutte à goutte par le bec, dont l'extrémité doit être recouverte d'une légère couche de cire ou de suif, pour mieux déterminer l'écoulement par gouttes.

K, tube gradué de la même manière que la burette, mais en sens inverse. Il est destiné à contenir la teinture d'épreuve qu'on doit verser brusquement dans celle du chlorure. Pour obtenir commodément le volume de teinture que l'on désire, on se sert du tube *L* effilé à son extrémité inférieure; on enlève l'excédant de la teinture en y enfonçant le tube plus ou moins, et pressant avec l'index sur l'orifice supérieur avant de l'en retirer; on ajoute ce qui manque en puisant de la même manière avec le tube dans le flacon renfermant la teinture d'indigo.

Préparation de la Dissolution d'indigo et de la Teinture d'épreuve avec cette dissolution.

Prenez une quantité déterminée d'indigo passé au tamis de soie; mettez-la dans un matras avec neuf fois son poids d'acide sulfurique concentré, et faites chauffer au bain-marie à la température de l'eau bouillante, pendant six à huit heures. Délayez ensuite une partie de la dissolution d'indigo dans une quantité d'eau convenable, pour qu'un volume de chlore en décolore exactement dix fois ce même volume : ce sera alors la teinture d'épreuve. La manière la plus simple, et en même temps suffisamment exacte, de préparer un liquide contenant son volume de chlore, sera de prendre 3gr.,980 de peroxide de manganèse cristallisé en belles aiguilles, de le traiter par l'acide hydrochlorique, et de recevoir le chlore dans un lait de chaux, dont on ramènera le volume à 1 litre après l'opération, ainsi qu'on l'a dit pour l'essai des manganèses ; mais quand on voudra opérer avec toute l'exactitude possible, il faudra préparer du chlore à l'état gazeux, et le faire absorber par de l'eau dans laquelle on aura délayé un peu de chaux, en tenant compte de sa température, de sa pression et de son humidité.

Observation importante.

La teinture d'épreuve étant décolorée peu à peu par la lumière, on doit la conserver à l'abri de son contact. On y parvient facilement en la mettant dans des cruches de grès; mais pour l'usage du chloromètre, on peut se servir d'un flacon de verre d'un demi-litre, en ayant

toutefois l'attention de ne pas l'exposer aux rayons directs du soleil : le mieux sera de l'enfermer dans une armoire.

Procédé pour faire l'essai du chlorure.

Prenez dans la masse du chlorure à essayer divers échantillons, que vous mêlerez pour avoir sa qualité moyenne ; pesez-en 5 grammes, broyez-les dans le mortier avec assez d'eau pour en faire une bouillie claire ; puis délayez avec une nouvelle quantité d'eau, et décantez dans la cloche de $\frac{1}{2}$ litre. Pour faire cette opération sans perdre de liquide, appuyez le bord du mortier contre le pilon, ainsi que le montre la figure *D*. Broyez de nouveau le résidu de chlorure qui sera resté dans le mortier, délayez et décantez ; répétez les mêmes opérations jusqu'à ce que tout le chlorure soit broyé et qu'il n'en reste plus dans le mortier. Rincez celui-ci, et versez l'eau dans la cloche. Complétez le volume de $\frac{1}{2}$ litre que doit avoir la dissolution du chlorure, et agitez pour la rendre parfaitement homogène. Remplissez la burette de teinture d'épreuve jusqu'à 0°, et versez-en de la burette dans le verre *H* une quantité inférieure à celle présumée devoir être décolorée par une mesure de chlorure : par exemple, 5°.

Prenez une mesure de chlorure avec la pipette *F* ; faites-la couler rapidement dans la teinture en soufflant dans le tube ; pendant ce temps agitez le mélange. Si la teinture était complètement décolorée, ajoutez-en sans retard de la burette une quantité suffisante pour amener le liquide à une couleur légèrement verdâtre : la quantité de teinture manquant dans la burette sera la mesure

du titre du chlorure, pourvu que la seconde portion de teinture ajoutée soit peu considérable, et ne s'élève pas à 3 dixièmes de degré.

Mais cette seconde portion de teinture versée de la burette dans le chlorure est-elle plus grande que 3 dixièmes de degré, par exemple, est-elle égale à 1°,2, il convient alors de recommencer l'essai. Remplissez la burette de teinture, et versez-en dans le verre une quantité égale à celle qui a été décolorée dans l'essai précédent, et même quelques centièmes de plus. Achevez d'ailleurs l'opération comme il vient d'être dit. L'essai n'a atteint le dernier degré de précision dont il est susceptible que lorsque la teinture d'épreuve prend immédiatement, lorsqu'on y met le chlorure, la teinte indiquée, sans qu'il soit nécessaire d'ajouter de nouvelle teinture de la burette.

Par ces opérations successives on approche aussi près qu'on veut du véritable titre du chlorure : néanmoins nous ne pensons pas qu'on puisse répondre en général de plus de $\frac{1}{50}$. Ces opérations paraîtront peut-être compliquées; mais nous remarquerons que chacune d'elles peut être exécutée en deux ou trois minutes ; que lorsqu'on connaîtra à-peu-près d'avance le titre du chlorure, deux opérations seront suffisantes; et que dans les travaux courans d'une fabrique, on n'aura besoin que d'en faire une. Au reste, nous supposons qu'il s'agisse de connaître exactement le titre du chlorure de chaux pour en fixer la valeur, et dans ce cas, on ne doit être avare ni de temps ni de soins.

Le même procédé s'applique immédiatement à l'essai d'une dissolution de chlore dans l'eau : cependant, il

vaudra mieux commencer par ajouter au chlore un peu de chaux vive en poudre pour le convertir en chlorure. L'eau de javelle, qui est aussi un chlorure, est essayée absolument de la même manière.

Le tube *K*, qui fait partie du chloromètre, est destiné à faire l'essai du chlorure en versant brusquement l'indigo dans le chlorure. Pour cela, on cherche d'abord avec la burette combien il faut de teinture pour saturer une mesure de chlorure.

On recommence l'essai en mettant dans le tube *K* une quantité de teinture égale à celle qui vient d'être décolorée et même un peu plus, et on la verse rapidement dans une nouvelle mesure de chlorure ; on complette ce qui manque de teinture pour obtenir la couleur verdâtre, et l'on recommence l'essai, en mettant dans le tube une quantité de teinture égale à celle qui a été décolorée dans l'essai précédent. La marche de ce mode d'essai est exactement la même que celle du premier ; mais comme les résultats en sont les mêmes, et qu'il exige de plus le tube *K* et la pipette *L*, nous pensons qu'il ne mérite pas la préférence.

DÉVELOPPEMENS *relatifs aux Effets électriques observés dans les actions chimiques; et de la Distribution de l'électricité dans la pile de Volta, en tenant compte des actions électro-motrices des liquides sur les métaux.*

PAR M. BECQUEREL,
Ancien Chef de Bataillon du Génie.

(Lu à l'Académie royale des Sciences le 31 mai 1824.)

Développemens relatifs aux effets électriques observés dans les actions chimiques.

DANS le dernier Mémoire que nous avons eu l'honneur de présenter à l'Académie, nous avons montré que la plupart des phénomènes électro-magnétiques que nous avions observés précédemment, dans diverses actions chimiques, étaient dus non-seulement au jeu des affinités, mais encore à d'autres causes dont nous n'avions pas tenu compte, telles que les actions électro-motrices des liquides sur les vases de platine dont nous nous étions servis. Nous allons maintenant écarter les diverses causes perturbatrices connues, pour n'avoir plus que les effets électriques résultant de l'attraction moléculaire.

Les phénomènes électriques sont tellement enveloppés encore d'obscurité qu'on ne peut dire de suite si les résultats obtenus sont simples ou proviennent d'effets composés. C'est en multipliant les expériences et les variant avec ordre que l'on pourra éclaircir la théorie électro-chimique.

Occupons-nous d'abord de la combinaison des acides avec les alcalis ; servons-nous de deux capsules de porcelaine d'égale dimension ; versons dans l'une une dissolution alcaline et dans l'autre un acide, et joignons l'un et l'autre liquide par une lame de platine : quand on plongera dans chaque capsule l'une des extrémités du fil d'un galvanomètre (les deux extrémités étant terminées chacune par une lame de platine), il n'y aura aucun effet électro-magnétique, puisque les actions électro-motrices du platine sur les deux liquides seront détruites de part et d'autre. Posons actuellement sur la lame intermédiaire de platine une mèche d'amiante qui vienne plonger dans chaque liquide : on aura aussitôt un courant électrique qui agira de telle manière sur l'aiguille aimantée, que l'électricité positive partira de l'acide et l'électricité négative de la dissolution alcaline, et ce résultat sera uniquement dû à l'action de l'acide sur l'alcali. D'après cela, il est bien prouvé que les effets électriques que nous avions observés en expérimentant d'une autre manière étaient exacts.

Voulons-nous reconnaître ce qui se passe dans l'action chimique d'un acide sur un métal, indépendamment de toute action électro-motrice, nous opérerons de la manière suivante. Une lame d'or enveloppée d'une bande de papier joseph sera fixée entre les deux branches d'une pince de platine adaptée à l'un des bouts du fil d'un galvanomètre; on plongera le tout dans une capsule de porcelaine remplie d'acide nitrique, et l'on fera communiquer l'autre bout de fil aussi en platine avec le même acide : les effets électriques seront nuls. Ce résultat est tout naturel puisque, d'une part, il n'y pas

d'action chimique, et que, de l'autre, l'action électromotrice de l'acide sur le platine est égale des deux côtés, à cause du papier qui se trouve imbibé de l'acide; mais si l'on ajoute une seule goutte d'acide hydrochlorique, l'or au même instant est attaqué, et l'aiguille aimantée, par sa déviation, annonce que l'acide, comme dans l'expérience précédente, a pris l'électricité positive, et l'or l'électricité négative. La présence d'une seule goutte d'acide hydrochlorique dans l'acide nitrique ayant suffi pour produire cet effet, il est prouvé par là que l'action chimique est la cause unique du courant. Nous observerons ensuite que la très-petite quantité d'acide hydrochlorique que nous avons ajoutée n'a servi qu'à attaquer l'or d'une manière sensible; car le platine exige, pour se dissoudre, un mélange convenable d'acide nitrique et d'acide hydrochlorique.

Une lame de cuivre ou de zinc substituée à la lame d'or donne un résultat semblable sans qu'il soit besoin d'ajouter de l'acide hydrochlorique. Nous devons faire observer cependant qu'il arrive quelquefois que le courant change de direction sans qu'on puisse en rendre raison. Malgré cette anomalie, on reconnaît qu'en général, pendant l'action d'un acide sur un alcali ou un métal, l'acide s'empare de l'électricité positive, et l'alcali de l'électricité négative.

En réfléchissant un peu sur ce qui se passe pendant l'action d'un acide sur un métal, on voit qu'il se produit un grand nombre de phénomènes chimiques; par conséquent le courant électrique que l'on obtient est en quelque sorte la résultante de tous les effets électriques qui se produisent au moment où ces phénomènes ont

lieu; ainsi il n'est pas étonnant que la combinaison d'un acide avec un métal présente des anomalies lorsqu'on observe les courans électriques auxquels elle donne lieu. Quand on observe ce qui se passe pendant la combinaison d'un acide avec un métal, il faut avoir l'attention d'envelopper d'une bande de papier joseph la lame de platine qui reçoit l'électricité acquise par l'acide, parce qu'il arrive souvent, surtout avec le zinc, que les parties d'oxide ou de métal qui se détachent rencontrent le platine et exercent sur lui une action électro-motrice qui fait changer le sens du courant. Cette précaution fait disparaî re une grande partie des anomalies dont nous venons de parler. En général, quand on trouve une classe de phénomènes presque tous soumis à une même loi, et qu'il ne se présente des anomalies que de loin en loin, cette similitude d'effets concourt à prouver l'exactitude des expériences; et les anomalies, loin d'être rejetées, doivent être au contraire étudiées avec le plus grand soin, parce qu'elles servent à donner de nouveaux développemens à la théorie. Par exemple, lorsque l'on plonge dans l'acide sulfurique étendu d'eau une lame d'or disposée comme nous venons de le dire, il se produit souvent un courant électrique qui va de l'acide à l'or, et dont la durée est plus grande que ne le comporte l'action capillaire : cependant le métal n'est pas attaqué ; mais si l'immersion dure un quart d'heure et que l'on répète l'expérience de nouveau, il n'y a plus de courant : il est infiniment probable que ces effets électriques étaient dus à l'action de l'acide sulfurique sur les matières étrangères adhérentes à la surface de la lame d'or ou bien à celle du papier.

Il s'agit actuellement d'examiner une question importante. Le dégagement de chaleur produit pendant l'action chimique ne serait-il pas la cause des effets électriques que nous avons attribués au jeu seul des affinités? Quoiqu'il soit extrêmement difficile, pour ne pas dire impossible, de reconnaître tout ce qui se passe dans l'attraction moléculaire, et jusqu'à quel point le calorique influe sur les phénomènes que nous examinons, cependant nous pouvons prouver que l'élévation de température n'est pas la cause principale de leur production; il y a deux manières d'y parvenir, 1° en s'emparant de la chaleur dégagée; 2° en montrant que l'élévation de température donne naissance à des effets électro-magnétiques inverses de ceux que nous avons obtenus.

Pour s'emparer de la chaleur dégagée dans l'action chimique, il faut substituer à la lame de cuivre un petit cylindre creux de même métal, que nous remplirons d'une substance oléagineuse coagulée entrant facilement en fusion, ou de glace : il est bien certain que le calorique libre sera employé à fondre la substance oléagineuse ou la glace : la température restera donc constante tant que la fusion ne se sera pas opérée.

Quant à la seconde partie de la proposition, elle se démontre de la manière suivante : fixons une cuiller de platine à l'un des bouts d'un fil du galvanomètre, versons-y une dissolution alcaline quelconque, plongeons dedans l'autre extrémité du fil, aussi en platine : en général, il ne se produira aucun courant électrique. Mais si l'on chauffe fortement la lame de platine et qu'on opère l'immersion, il en résultera un courant tel que l'électricité positive sera fournie par le côté dont on a

élevé la température, et l'électricité négative par l'autre. Maintenant reprenons l'expérience où nous avons fait agir une lame de cuivre sur l'acide nitrique: il est bien certain que, pendant l'action chimique, la lame s'échauffera plus promptement que l'acide, puisque les métaux sont meilleurs conducteurs du calorique que les liquides; il s'ensuivra donc que si le courant était dû à la chaleur dégagée, l'électricité positive serait fournie par la lame de cuivre; mais l'expérience prouve le contraire : ainsi les effets électriques que nous avons reconnus ne proviennent donc pas uniquement d'une différence de température.

Jusqu'ici il n'a nullement été question d'électricité avec tension, puisque nous n'avons observé que des courans; il s'agit actuellement de voir si, à l'aide de l'électroscope condensateur dont nous avons donné la description dans le dernier Mémoire, et dont la sensibilité est extrême, il ne serait pas possible de recueillir de l'électricité pendant l'action d'un acide sur un métal. Plaçons sur le plateau supérieur du condensateur une capsule en cuivre, dans laquelle nous verserons de l'acide nitrique; touchons d'une part l'acide avec une bande de baudruche et le plateau inférieur avec le doigt; quand ensuite on enlèvera le plateau supérieur, on verra que la feuille d'or restera stationnaire; par conséquent l'électricité dégagée pendant l'action chimique n'a pas une tension suffisante pour être accumulée sur le condensateur.

On reconnaîtra de même que pendant l'action de l'acide sulfurique étendu d'eau sur du zinc on ne peut recueillir d'électricité. En général, il est extrêmement difficile de reconnaître des traces d'électricité libre

pendant l'action d'un acide sur un métal ou sur un alcali.

Nous avons vu, dans les mêmes circonstances, à l'aide du galvanomètre, que l'acide prenait l'électricité positive et l'alkali ou le métal l'électricité négative, tandis que, lorsqu'il n'y avait pas action chimique, l'électroscope condensateur prouve que l'acide s'emparait, au contraire, de l'électricité négative et les bases de l'électricité positive : voilà donc un caractère bien prononcé, qui distingue les effets électriques de contact de ceux qui proviennent de l'action chimique. Cette différence remarquable, qui n'avait pas encore été prouvée par l'expérience, avait déjà été pressentie par M. Ampère, qui en avait donné une explication ingénieuse il y a trois ans. Ce savant, dans sa lettre à M. Van-Beck, imprimée dans le cahier d'octobre 1821 du *Journal de Physique*, établit que les molécules des corps sont dans un état électrique permanent, dépendant de leur nature; par exemple, qu'une particule d'oxigène étant constamment dans l'état électro-négatif, décompose le fluide neutre environnant, en repousse l'électricité négative et en attire l'électricité positive, qui forme autour d'elle une sorte d'atmosphère qui dissimule les effets que produirait au dehors l'électricité négative propre à la particule; comme il arrive à une bouteille de Leyde chargée intérieurement d'électricité négative, et dont la garniture extérieure est en communication avec le réservoir commun; et qu'une particule d'hydrogène étant constamment positive est enveloppée, au contraire, d'un atmosphère d'électricité négative, et qu'il en est de même de tous les corps, ceux qui ont la tendance acide

étant dans le cas de l'oxigène, et ceux qui ont la tendance alkaline, dans le cas de l'hydrogène. En partant de ce principe, si deux métaux sont en contact, le fluide électrique qui entoure leurs particules étant dans chacun d'eux composé d'électricité positive et négative dans des proportions différentes, à cause de la nature différente des deux métaux, le fluide formant les atmosphères des particules d'un des métaux, tendra à se combiner en partie avec le fluide des atmosphères de l'autre métal, et ces atmosphères étant ainsi partiellement détruites, les électricités propres aux particules cesseront d'être dissimulées, et dès-lors manifesteront leur propriété au dehors.

Supposons maintenant que le zinc et le cuivre soient en communication avec les deux extrémités du fil d'un galvanomètre par l'intermédiaire d'un corps dont on puisse négliger l'action électro-motrice, le cuivre, qui est à l'état négatif, attirera l'électricité positive du fil et repoussera l'autre, qui sera attirée par le zinc, en suivant le circuit; par là le fluide neutre sera décomposé dans le fil, et ces élémens viendront former autour des particules du zinc et du cuivre des atmosphères semblables à celles que leurs particules avaient avant qu'elles fussent mises en contact; mais si le contact continue, elles se détruiront de nouveau, et il y aura un courant électrique continue qui ira du zinc au cuivre.

Supposons encore que le cuivre soit remplacé par une substance acide et le zinc par une substance alcaline, les états électriques relatifs étant encore les mêmes, si l'acide était en contact avec l'alcali, sans se combiner avec lui, les effets seraient encore les

mêmes; mais si les particules acides et alcalines se combinent, dans le sel neutre qui en résulte, l'électricité propre à chacun d'eux étant dissimulée par celle de l'autre, les particules du sel neutre n'auront plus besoin d'atmosphères électriques; celles de l'alkali et de l'acide laisseront donc échapper l'électricité qui les entourait; une partie des deux se recombinera dans la dissolution, et il en résultera une élévation de température; mais si l'acide et l'alcali communiquent avec les deux extrémités du fil du galvanomètre, une partie suivra le fil pour s'y réunir, et alors l'électricité positive des atmosphères des particules de l'acide marcheront dans le fil du côté où il communique avec l'acide, tandis que l'électricité négative qui enveloppait les particules de l'alkali suivra, dans le même fil, la direction de l'alkali à l'acide; d'où résulte un courant électrique inverse de celui qu'on observe dans le simple contact.

Nous avons développé avec quelques détails la théorie de M. Ampère, parce qu'elle explique jusqu'à présent d'une manière satisfaisante les phénomènes électro-magnétiques que nous avons observés dans diverses actions moléculaires; néanmoins nous ne nous dissimulerons pas les objections qu'on peut y faire. Comment expliquer, par exemple, la combinaison de deux particules, qui sont l'une et l'autre positives ou négatives, par rapport à une troisième? Nous espérons que cette difficulté, ainsi que toutes celles qu'on peut y faire, seront résolus par le savant célèbre auquel la théorie électro-magnétique doit de si belles expériences.

Il faut essayer maintenant de résoudre cette ques-

tion : étant donné deux substances solubles dans l'eau, et suffisamment conductrices de l'électricité pour qu'elles exercent l'une sur l'autre des actions électromotrices, reconnaître si les deux dissolutions versées l'une dans l'autre forment simplement un mélange ou bien une combinaison. Dans le cas où il y aurait mélange, chaque substance à l'état solide devrait prendre par le contact la même espèce d'électricité que lorsqu'elle serait dissoute, et que l'on mettrait en communication les deux dissolutions au moyen d'une mèche d'amiante. L'inverse aurait lieu quand il y aurait action chimique.

Parmi les exemples que nous pourrions citer, l'acide citrique et le sel ammoniac, l'acide citrique et le chlorure de sodium, etc., donnent les mêmes effets électriques dans les deux circonstances que nous venons d'indiquer; et comme ces substances, prises deux à deux, ne forment pas de combinaisons connues, on trouve encore là une preuve du fait que nous avons avancé plus haut, que lorsqu'il y a combinaison chimique entre deux substances, les effets électriques de contact sont inverses de ceux que l'on observe au moment où la combinaison a lieu.

Malheureusement le nombre des corps que nous pouvons soumettre à ces expériences est limité ; car la plupart des composés chimiques étant peu conducteurs de l'électricité, n'exercent pas les uns sur les autres d'action électro-motrice susceptible d'être observée. Mais comme il peut très-bien se faire que l'on parvienne à perfectionner assez les instrumens pour rendre sensibles ces actions, nous avons cru, en attendant, devoir signaler une application d'un résultat qui nous paraît im-

portant. Quoique nous n'ayons pas trouvé jusqu'à présent d'exception à cette loi, nous nous proposons cependant de varier assez les expériences pour qu'il ne reste plus aucun doute sur son exactitude. Nous ajouterons encore qu'à l'aide de très-grandes précautions l'on parvient à découvrir les actions électro-motrices de substances qui ne paraissaient en exercer aucune l'une sur l'autre. Il faut d'abord préserver ces substances de toute humidité, leur enlever la petite couche d'eau hygrométrique qui, s'attachant à la surface des corps, masque leur action électro-motrice quand elle est extrêmement faible; ensuite il est indispensable de renouveler souvent les surfaces pour éviter de mettre en contact des parties qui auraient éprouvé des altérations à l'air.

Cette différence entre les effets électriques de contact et les effets dus à l'action chimique, nous indique qu'il doit exister un état intermédiaire dans lequel le développement d'électricité est nul. Dans un autre travail, nous donnerons les moyens de déterminer aussi rigoureusement qu'il est possible ce passage d'un état électrique à un autre, dans deux substances qui, étant d'abord en contact sans qu'il y ait d'action chimique, finissent par se combiner ensemble.

De la Distribution de l'électricité dans la pile de Volta, en ayant égard aux actions électro-motrices des liquides sur les métaux.

Appliquons maintenant à la pile de Volta les observations que nous avons faites dernièrement sur les actions électro-motrices des liquides acides ou alkalins sur les métaux.

On sait que Volta avait négligé, dans la pile, les actions électro-motrices des liquides conducteurs sur les métaux, parce qu'il n'avait pu les déterminer; mais comme nous avons trouvé un moyen de les rendre sensibles, il faut voir comment elles se combinent avec les autres actions électriques.

Nous avons dit que, lorsqu'on remplissait une capsule de cuivre d'acide sulfurique très-étendu d'eau et qu'on plongeait dedans une lame de zinc en évitant le contact des deux métaux, le vase prenait l'électricité positive et la lame de zinc l'électricité contraire, et qu'il en était encore de même quand ce vase contenait une dissolution alcaline quelconque. Ce résultat nous montre d'abord que le fait capital découvert par Volta, qu'en formant une pile toute métallique, les tensions des deux métaux extrêmes étaient les mêmes que s'ils eussent été en contact, n'est pas applicable au cas où un liquide acide ou alkalin se trouve interposé entre deux métaux; car le zinc aurait dû prendre l'électricité positive et le cuivre l'électricité négative, tandis que c'est le contraire qui a lieu.

Représentons par $+\delta$ et $-\delta$ les états électriques du cuivre et du zinc, lorsque ces deux métaux sont séparés par une dissolution acide, et par $-\frac{1}{2}$ et $+\frac{1}{2}$ les quantités d'électricité qu'ils prennent par leur contact; posons sur le zinc un disque de cuivre : celui-ci, outre l'électricité $-\frac{1}{2}$, par exemple, qu'il prendra au zinc, partagera avec lui l'électricité $-\delta$ qu'il possédait avant; de plus, le liquide, comme corps conducteur, transmettra au premier disque de cuivre l'électricité $+\frac{1}{2}$ du zinc, de sorte que les états électriques seront :

Cuivre inférieur.	Liquide.	Zinc.	Cuivre supérieur.
$+\frac{1}{3}+\delta$	»	$+\frac{1}{3}-\frac{\delta}{2}$	$-\frac{2}{3}-\frac{\delta}{2}$.

En ajoutant un couple liquide et zinc, on trouvera :

Cuivre inférieur.	Liq.	Zinc.	Cuivre.	Liq.	Zinc.
$+\frac{1}{2}+\delta$	»	$+\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	»	$-\frac{1}{2}-\delta$,

etc., ainsi de suite. Dans ce mode de distribution, nous avons suivi la règle adoptée par Volta; et quoique nous n'ayons pu mesurer les tensions, toutes les probabilités portent à croire que les choses se passent ainsi.

Il est donc presque certain que les actions électro-motrices des liquides conducteurs sur les métaux qui forment les couples voltaïques tendent à augmenter les tensions électriques des différens élémens de la pile.

Quant à l'influence de l'action chimique sur la charge de la pile, ou bien sur la rapidité du courant qui a lieu quand on met ses deux extrémités en communication, nous n'avons pas encore assez de données pour résoudre cette question; nous n'avons traité ici que de l'accroissement de tension qui résulte des actions électro-motrices exercées par les liquides conducteurs sur les disques ou plaques métalliques qui constituent la pile.

Prix *décernés par l'Académie des Sciences, dans la séance publique du lundi 7 juin 1824.*

L'Académie royale des Sciences avait proposé en 1822, pour sujet du prix qu'elle devait décerner dans cette séance,

1°. *Déterminer par des expériences multipliées la densité qu'acquièrent les liquides, et spécialement le mercure, l'eau, l'alcool et l'éther sulfurique, par des compressions équivalentes aux poids de plusieurs atmosphères.*

2°. *Mesurer les effets de la chaleur produits par ces compressions.*

Aucun des Mémoires envoyés au concours n'ayant obtenu le prix, l'Académie propose de nouveau le même sujet pour l'année 1826.

Le prix sera une médaille d'or de la valeur de *trois mille francs.*

PRIX DE STATISTIQUE,

Fondé par M. le baron de Monthyon.

Ce prix, dont la fondation a été autorisée par une ordonnance royale en date du 22 octobre 1817, doit être décerné à l'ouvrage imprimé ou manuscrit publié dans le cours de l'année, qui, ayant pour objet une ou plusieurs questions relatives à la statistique de la France, contiendra, au jugement de l'Académie, les recherches les plus utiles.

La Commission nommée par l'Académie pour l'examen des Mémoires envoyés au concours a pris connaissance des pièces manuscrites ou imprimées remises au secrétariat pendant l'année 1823; et sur sa proposition, l'Académie a partagé le prix entre les deux ouvrages suivans, qui sont indiqués selon l'ordre des numéros d'envoi; savoir: le Mémoire de M. Benoiston de Châteauneuf sur les enfans trouvés recueillis en France et dans les

principaux états de l'Europe, et une collection de faits industriels, commerciaux, et agricoles qui se rapportent à tous les départemens de la France, et qui ont été rassemblés par M. Bottin, auteur de plusieurs ouvrages de statistique.

La Commission a lu avec intérêt d'autres ouvrages utiles et ingénieux que leurs auteurs ont fait déposer au secrétariat. Ces pièces contiennent des documens précieux pour l'administration publique, et n'ont pu être écrites que par des personnes qui possèdent des connaissances très-variées; mais ces pièces n'ont point, avec la statistique proprement dite, un rapport aussi direct et aussi étendu que ceux des ouvrages auxquels le prix est décerné.

En rappelant les travaux statistiques qui ont été accomplis en France dans le cours de cette année, on ne doit pas omettre de faire mention de la collection des Mémoires administratifs qui ont pour objet la ville de Paris et le département de la Seine. Il est évident que cette collection n'a pu être comprise dans le concours, et à l'égard de ce grand ouvrage, la Commission se réfère entièrement aux observations contenues dans un des rapports précédemment publiés.

Les motifs qui ont porté l'Académie à juger dignes du prix les Mémoires de MM. Benoiston de Châteauneuf et Bottin sont confirmés par les recherches antérieures auxquelles ces auteurs se sont livrés. Le premier a traité avec un grand soin la question difficile de l'industrie et des consommations de la capitale; il a présenté des remarques nouvelles concernant les tables de mortalité. Ses dernières recherches sur les enfans abandonnés mé-

ritent l'approbation de l'Académie, soit par les lumières et les soins que ce travail exigeait, soit par le choix du sujet, qui intéresse au plus haut degré l'humanité, les mœurs et l'économie civile.

M. Bottin est connu depuis long-temps comme auteur de recherches très-utiles. Les ouvrages de statistique auxquels il a principalement concouru ont été cités, à juste titre, comme des modèles. Les exemples donnés dans ses ouvrages ont été suivis, et ils ont beaucoup contribué à l'établissement et aux progrès de cette science parmi nous. C'est le jugement qu'en ont porté tous les administrateurs, et spécialement M. le comte Chaptal, l'un des premiers fondateurs de la statistique française. Les dernières recherches de M. Bottin sont remarquables par l'utilité et la précision. Rien n'est plus conforme aux vues qui ont déterminé la fondation du prix de statistique que d'encourager, par une décision solennelle, les travaux des deux auteurs que l'on vient de citer.

En conséquence, il sera décerné, en séance publique, deux médailles d'or : l'une à M. Louis-François Benoiston de Châteauneuf; l'autre à M. Sébastien Bottin, auteurs des deux ouvrages mentionnés.

PRIX DE MÉCANIQUE,

Fondé par M. de Monthyon.

M. le baron de Monthyon a fondé un prix annuel en faveur de celui qui, au jugement de l'Académie royale des Sciences, s'en sera rendu le plus digne, en inventant ou en perfectionnant des instrumens utiles aux

progrès de l'agriculture, des arts mécaniques et des sciences.

Depuis 1819, époque de cette fondation, jusqu'en l'année 1823, aucun des instrumens ou machines récemment inventées ou perfectionnées, et dont la connaissance était parvenue à l'Académie, n'avait obtenu le prix proposé.

Quatre Mémoires ont été envoyés au concours cette année. Le premier, sous le n°. 1, est intitulé : *Notice sur le tourbillon appliqué à diverses machines, et en particulier à la noria.*

L'auteur s'est proposé d'affanchir la noria de la transformation du mouvement par le moyen d'engrenage. La machine qui fait l'objet de son mémoire a été exécutée et mise depuis plusieurs années en usage dans nos départemens méridionaux, de sorte qu'une expérience journalière en a déterminé l'effet utile : elle peut être établie à très-peu de frais. La machine proposée offre des avantages remarquables sous le rapport du produit et de l'économie de sa construction. La noria-tourbillon pourra donc être utilement employée pour les irrigations et les épuisemens.

Le Mémoire n°. 2 contient la description d'une charrue à défricher.

L'auteur a expliqué avec beaucoup de détails les principes qui l'on dirigé dans la construction de cette charrue, et il en a transmis un modèle très-bien exécuté; il cite les bons effets qu'il en a obtenus dans le département du Morbihan.

Un rapport authentique, fait à une société savante, présente les résultats de plusieurs expériences faites en

grand, en présence de plusieurs commissaires, et ces expériences ne laissent aucune incertitude sur le bon emploi du nouvel instrument, non-seulement dans les départemens de l'ancienne Bretagne, pour lesquels il a été spécialement destiné, mais encore pour tous les départemens dans lesquels il reste encore beaucoup de défrichemens à entreprendre.

Le Mémoire n°. 3 a pour objet la description d'une machine, que l'auteur désigne sous le nom de *cantre régulière*, propre à ourdir les pièces d'étoffes de soie.

La chambre du commerce de Lyon ayant chargé des commissaires d'en faire l'examen, a été frappée des résultats utiles que cette machine procure, et reconnaît l'avantage qu'il y aurait d'en propager l'usage dans les fabriques de cette ville : elle est déjà en activité dans un grand nombre d'établissemens.

La pièce n°. 4 contient la description d'un mécanisme par lequel l'auteur propose de remplacer les roues qui servent à mouvoir les bateaux.

La Commission nommée par l'Académie a regretté que ce mécanisme n'ait pas encore été soumis à l'épreuve, et par conséquent n'ait pu être compris dans le concours actuel.

Quant aux trois autres machines, la noria tourbillon, la charrue à défricher et la *cantre régulière*, l'Académie a jugé, sur l'avis de sa Commission, que les trois auteurs méritent l'encouragement que le respectable fondateur du prix a eu l'intention de donner à l'agriculture et à l'industrie française. En conséquence, il sera décerné à chacun d'eux une médaille d'or :

La première à M. A. Burel, ancien élève de l'école

polytechnique, chef de bataillon du génie, ingénieur en chef à Montpellier, auteur du Mémoire sur la noria tourbillon.

La seconde à M. P. Athenas, secrétaire de la chambre de commerce de Nantes, auteur du Mémoire sur une charrue à défricher.

La troisième à M. Ant. Culhat, agent de change, courtier en soie à Lyon, auteur du Mémoire sur une *cantre régulière*.

PRIX DE PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE,

Fondé par M. le baron de Monthyon.

Ce prix, dont le Roi a autorisé la fondation par une ordonnance en date du 22 juillet 1818, doit être décerné chaque année à l'ouvrage imprimé ou manuscrit qui aura paru avoir le plus contribué aux progrès de la physiologie expérimentale.

Parmi les ouvrages envoyés pour concourir à ce prix, trois Mémoires ont particulièrement fixé l'attention de l'Académie. Le premier, enregistré n°. 1, a pour objet de nouvelles recherches sur les propriétés et les fonctions des diverses parties qui composent la masse cérébrale; des recherches sur l'action du système nerveux dans les mouvemens dits involontaires, ou de conservation; sur les propriétés et les fonctions du grand sympathique, et des recherches physiques touchant l'action déterminée ou spécifique de certaines substances sur certaines parties du cerveau.

Le deuxième Mémoire, enregistré n°. 3, est un grand

travail accompagné de vingt-quatre planches contenant de nouvelles observations sur la génération.

Le troisième ouvrage, enregistré n°. 2, est intitulé *Anatomie du Hanneton.*

L'Académie a jugé convenable d'accorder une médaille d'or à chacun de ces trois Mémoires.

L'auteur du premier Mémoire cité est M. Flourens, docteur-médecin, qui a déjà partagé le même prix au concours de l'année dernière.

MM. Prévost et Dumas, qui se sont déjà fait distinguer dans les précédens concours, sont les auteurs des nouvelles observations sur la génération. L'auteur du Mémoire sur l'anatomie du hanneton est de M. Hercule Straus.

L'Académie a jugé dignes d'une mention honorable les Mémoires de physiologie expérimentale des animaux et des végétaux applicables à la médecine et à l'histoire naturelle, dont l'auteur est M. Gaspard, docteur en médecine à Saint-Etienne en Bresse, département de Saône-et-Loire.

PRIX D'ASTRONOMIE.

La médaille fondée par feu M. de Lalande pour être donnée annuellement à la personne qui, en France ou ailleurs, les membres de l'Institut exceptés, aura fait l'observation la plus intéressante, ou le mémoire le plus utile aux progrès de l'astronomie, a été décerné cette année à M. Damoiseau, membre adjoint du bureau des longitudes. L'Académie accorda, en 1819, la médaille de M. de Lalande aux premières recherches de M. Enke, astronome de Gotha, sur les élémens elliptiques de la

comète à courte période; cette année, elle décerne la même récompence à M. Damoiseau, qui a calculé les retours de la comète au périhélie en 1822, en 1825 et en 1829, en tenant compte des perturbations.

PROGRAMME *des Prix proposés par l'Académie royale des Sciences pour les années* 1825 *et* 1826.

PRIX DE MATHÉMATIQUES,

Pour l'année 1826.

Séance du lundi 7 juin 1824.

L'Académie propose le sujet suivant pour le prix de mathématiques de l'année 1826.

Méthode pour le calcul des perturbations du mouvement elliptique des comètes appliquée à la détermination du prochain retour de la comète de 1759, *et au mouvement de celle qui a été observée en* 1805, 1819 *et* 1822.

L'Académie a jugé qu'il était important d'appeler l'attention des géomètres et des astronomes sur la théorie des perturbations des comètes, afin de donner lieu à un nouvel examen des méthodes connues, et à deux applications principales dont les élémens sont très-différens, et qui offrent l'une et l'autre beaucoup d'intérêt.

Le prix sera une médaille d'or de la valeur de *trois mille francs.* Il sera décerné dans la séance publique du premier lundi du mois de juin 1826. Les Mémoires devront être remis au Secrétariat de l'Institut avant le 1er janvier 1826. Ce terme est de rigueur.

PRIX DE PHYSIQUE,

Proposé en 1823, pour l'année 1825.

L'imperfection des procédés d'analyse chimique n'a pas permis jusqu'à présent d'acquérir des notions exactes sur les phénomènes qui se passent dans l'estomac et les intestins durant le travail de la digestion. Les observations et les expériences, même celles qui ont été faites avec le plus de soin, n'ont pu conduire qu'à des connaissances superficielles sur un sujet qui nous intéresse d'une manière si directe.

Aujourd'hui que les procédés d'analyse des substances animales ou végétales ont acquis plus de précision, on peut espérer qu'avec des soins convenables on arriverait à des notions importantes sur la digestion.

En conséquence l'Académie propose, pour sujet du prix de physique de l'année 1825, de *déterminer, par une série d'expériences chimiques et physiologiques, quels sont les phénomènes qui se succèdent dans les organes digestifs durant l'acte de la digestion.*

Les concurrens rechercheront d'abord les modifications chimiques ou autres que les principes immédiats organiques éprouvent dans les organes digestifs, en s'attachant de préférence à ceux de ces principes qui entrent dans la composition des alimens, tels que la gélatine, l'albumine, le sucre, etc.

Les recherches seront ensuite dirigées vers les substances alimentaires elles-mêmes, où se trouvent réunis plusieurs principes immédiats, en ayant soin de distin-

gner ce qui a rapport aux boissons de ce qui regarde les alimens solides.

Les expériences devront être suivies dans les quatre classes d'animaux vertébrés.

Le prix sera une médaille d'or de la valeur de *trois mille francs*. Il sera décerné dans la séance publique du premier lundi du mois de juin 1825. Les Mémoires devront être remis au Secrétariat de l'Institut avant le 1er janvier 1825. Ce terme est de rigueur.

PRIX DE MATHÉMATIQUES,

Pour l'année 1824. *Remis au concours pour l'année* 1826.

L'Académie royale des Sciences, persuadée que la théorie de la chaleur est un des plus intéressans objets des mathématiques appliquées, et considérant que les prix déjà proposés sur cette théorie ont évidemment contribué à la perfectionner, avait proposé la question suivante pour objet du prix de mathématiques qu'elle devait décerner dans la séance de juin 1824.

1°. *Déterminer par des expériences multipliées la densité qu'acquièrent les liquides, et spécialement le mercure, l'eau, l'alcool et l'éther sulfurique, par des compressions équivalentes aux poids de plusieurs atmosphères;*

2°. *Mesurer les effets de la chaleur produits par ces compressions.*

Aucune des pièces envoyées au concours n'ayant obtenu le prix, l'Académie propose de nouveau le même sujet pour l'année 1826.

Le prix sera une médaille d'or de la valeur de *trois mille francs*. Il sera décerné dans la séance publique du premier lundi du mois de juin 1826. Les Mémoires devront être remis au Secrétariat de l'Institut avant le 1er janvier 1826. Ce terme est de rigueur.

PRIX FONDÉ PAR FEU M. ALHUMBERT,

Proposé en 1824, pour l'année 1825.

Feu M. Alhumbert ayant légué une rente annuelle de *trois cents francs* pour être employée aux progrès des sciences et des arts, le Roi a autorisé les Académies des Sciences et des Beaux-Arts à décerner alternativement, chaque année, un prix de cette valeur.

L'Académie avait proposé, pour sujet de ce prix :

De comparer anatomiquement la structure d'un poisson et celle d'un reptile; les deux espèces au choix des concurrens.

Les intentions de l'Académie n'ayant point été remplies, le même sujet est reproduit pour l'année 1825, avec cette modification, que les concurrens pourraient se borner à comparer un ou plusieurs des divers systèmes d'organes.

Le prix sera une médaille d'or de la valeur de *trois cents francs*. Il sera adjugé dans la séance publique du premier lundi de juin 1825.

Le terme de rigueur, pour l'envoi des Mémoires, est le 1er janvier 1825.

L'Académie propose pour le sujet du prix qu'elle décernera en 1826, la question suivante :

Décrire avec précision les changemens qu'éprouve la

circulation du sang chez les grenouilles dans leurs différentes métamorphoses.

Le prix sera une médaille d'or de la valeur de *trois cents francs*. Il sera décerné dans la séance publique du premier lundi de juin 1826.

Le terme de rigueur, pour l'envoi des Mémoires, est le 1[er] janvier 1826.

PRIX DE PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE,

Fondé par M. de Monthyon.

Feu M. le baron de Monthyon, ayant conçu le noble dessein de contribuer aux progrès des sciences, en fondant plusieurs prix dans diverses branches de nos connaissanses, a offert une somme à l'Académie des Sciences, avec l'intention que le revenu en fût affecté à un prix de physiologie expérimentale à décerner chaque année; et le Roi ayant autorisé cette fondation par une ordonnance en date du 22 juillet 1818,

L'Académie annonce qu'elle adjugera une médaille d'or, de la valeur de *huit cent quatre-vingt-quinze francs*, à l'ouvrage imprimé ou manuscrit qui lui aura été adressé d'ici au 1[er] janvier 1825, et qui lui paraîtra avoir le plus contribué aux progrès de la physiologie expérimentale.

Les auteurs qui desireraient concourir pour ce prix sont invités à adresser leurs ouvrages, francs de port, au Secrétariat de l'Académie, avant le 1[er] janvier 1825.

Ce terme est de rigueur.

Le prix sera décerné dans la séance publique du premier lundi de juin 1825.

PRIX DE MÉCANIQUE,

Fondé par M. de Monthyon.

M. de Monthyon ayant offert une rente de *cinq cents francs* sur l'État, pour la fondation d'un prix annuel, autorisée par une ordonnance royale du 29 septembre 1819, en faveur de celui qui, au jugement de l'Académie royale des Sciences, s'en sera rendu le plus digne en inventant ou en perfectionnant des instrumens utiles aux progrès de l'agriculture, des arts mécaniques et des sciences,

Ce prix, en 1825, sera une médaille d'or de la valeur de *mille francs*. Il sera décerné dans la séance publique du premier lundi de juin 1825.

Il ne sera donné qu'à des machines dont la description ou les plans ou modèles, suffisamment détaillés, auront été soumis à l'Académie, soit isolément, soit dans quelque ouvrage imprimé, transmis à l'Académie.

L'Académie invite les auteurs qui croiraient avoir des droits à ce prix à communiquer les descriptions manuscrites ou imprimées de leurs inventions, avant le 1er janvier 1825. Ce terme est de rigueur.

PRIX D'ASTRONOMIE.

La médaille fondée par feu M. de Lalande, pour être donnée annuellement à la personne qui, en France ou ailleurs (les membres de l'Institut exceptés), aura fait l'observation la plus intéressante, ou le Mémoire le plus utile aux progrès de l'astronomie, sera décernée dans la séance publique du premier lundi de juin 1825.

Le prix consistera en une médaille d'or de la valeur de *six cent trente-cinq francs.*

PRIX DE STATISTIQUE,

Fondé par M. de Monthyon.

Une ordonnance du Roi, rendue le 22 octobre 1817, a autorisé la fondation d'un prix annuel de statistique, qui doit être proposé et décerné par l'Académie royale des Sciences.

Parmi les ouvrages publiés chaque année, et qui auront pour objet une ou plusieurs questions relatives à la statistique de la France, celui qui, au jugement de l'Académie, contiendra les recherches les plus utiles, sera couronné dans la première séance publique de l'année suivante. On considère comme admis à ce concours les Mémoires envoyés en manuscrits, et ceux qui, ayant été imprimés et publiés dans le cours de l'année, seraient adressés au Secrétariat de l'Institut : sont seuls exceptés les ouvrages imprimés ou manuscrits de ses membres résidens.

Les Mémoires manuscrits destinés au concours de l'année 1824 doivent être adressés au Secrétariat de l'Institut, *francs de port*, et remis avant le 1er janvier 1825; ils peuvent porter le nom de l'auteur, ou ce nom peut être écrit dans un billet cacheté, joint au Mémoire.

Quant aux ouvrages imprimés, il suffit qu'ils aient été publiés dans le courant de l'année 1824, et qu'ils aient été adressés à l'Académie avant l'expiration du délai indiqué. Le prix sera une médaille d'or équivalente à

la somme de *cinq cent trente francs*. Il sera décerné dans la séance publique du premier lundi de juin 1825.

Les Mémoires et machines devront être adressés, francs de port, au Secrétariat de l'Institut avant le terme prescrit, et porter chacun une épigraphe ou devise qui sera répétée, avec le nom de l'auteur, dans un billet cacheté joint au Mémoire.

Les concurrens sont prévenus que l'Académie ne rendra aucun des ouvrages qui auront été envoyés au concours ; mais les auteurs auront la liberté d'en faire prendre des copies.

LEGS MONTHYON.

Conformément au testament de feu le baron Auget de Monthyon, et aux ordonnances royales du 29 juillet 1821, et du 2 juin 1824, la somme annuelle résultant du legs dudit sieur baron de Monthyon pour récompenser les perfectionnemens de la médecine et de la chirurgie, sera employée pour moitié en un ou plusieurs prix à décerner par l'Académie royale des Sciences à l'auteur ou aux auteurs des ouvrages ou des découvertes qui, ayant pour objet le traitement d'une maladie interne, seront jugés les plus utiles à l'art de guérir ; et l'autre moitié en un ou plusieurs prix à décerner par la même Académie à l'auteur ou aux auteurs des ouvrages ou des découvertes qui, ayant eu pour objet le traitement d'une maladie externe, seront également jugés les plus utiles à l'art de guérir.

La somme annuelle provenant du legs fait par le même testateur en faveur de ceux qui auront trouvé les moyens de rendre un art ou un métier moins insalubre, sera également employée en un ou plusieurs prix à décerner par l'Académie aux ouvrages ou découvertes qui auront paru dans l'année sur les objets les plus utiles et les plus propres à concourir au but que s'est proposé le testateur.

Les concurrens pour l'année 1824 sont invités à adresser leurs ouvrages, leurs Mémoires, et, s'il y a lieu, les modèles de leurs machines ou de leurs appareils, francs de port, au Secrétariat de l'Institut avant le 1er février 1825.

Le jugement de l'Académie sera publié à la séance publique du premier lundi de juin de la même année.

Extrait *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 29 mars 1824.

On lit une Note de M. Becquerel dans laquelle il explique comment, à l'aide d'un appareil très-sensible, il est parvenu à déterminer les actions électro-motrices engendrées au moment où des dissolutions acides et alcalines touchent un métal quelconque; et celles qui ont lieu quand des métaux différens sont séparés par un liquide.

M. Mongez termine la lecture de son Mémoire *sur le Citrus des Romains.*

M. Fouilhoux lit un Mémoire intitulé : *Remarques anatomiques et physiologiques sur le système ganglionaire.*

On présente l'analyse abrégée d'un Mémoire de M. Roche *sur le Mouvement de rotation des corps solides.* M. Poinsot déclare qu'il a terminé un travail où se trouvent plusieurs théorêmes dont il vient d'entendre l'énoncé.

L'Académie s'occupe ensuite, en comité secret, de plusieurs objets d'administration intérieure, et en particulier de quelques dispositions propres à hâter la publication de ses Mémoires.

Séance du lundi 5 *avril.*

M. James Leroy réclame la priorité d'invention pour l'instrument propre à diviser la pierre dans la vessie.

M. Séligue présente un microscope achromatique de son invention dont nous entretiendrons nos lecteurs quand les commissaires que l'Académie a nommés auront fait leur rapport.

M. de Humboldt donne des nouvelles récentes de MM. Boussingault et Mariano de Rivero, qui continuent d'explorer les environs de Bogota, avec autant de zèle que de succès.

M. Thenard, au nom d'une commission, fait un rapport très-avantageux au sujet des expériences que M. Sérulas avait communiquées à l'Académie, sur le cyanure d'iode. Le Mémoire de cet habile chimiste sera imprimé dans le *Recueil des Savans étrangers*, que publie l'Académie.

M. Braune avait adressé un projet de direction des aérostats. La Commission chargée d'examiner ce travail a terminé son rapport en déclarant que M. Braune n'a rien ajouté d'utile aux moyens déjà proposés anciennement.

M. Cuvier lit un Mémoire *sur un nouveau genre de reptile fossile, découvert depuis quelques années en Angleterre, et nommé* ichtyosaurus.

M. Frison adresse la Démonstration d'un théorême de Fermat.

M. Audouart lit des *Considérations sur l'origine et les causes de la fièvre jaune.*

Séance du lundi 12 *avril.*

M. Ringler, inventeur de deux appareils destinés à représenter les mouvemens des planètes, écrit pour demander des commissaires.

M. de Castel-Bajac demande à l'Académie d'examiner à quelles conditions doivent être assujetties les rondelles de métal fusible que l'Administration a le projet de faire adapter aux chaudières des machines à vapeur.

M. Simonoff, professeur de Kazan, présente un Mémoire *sur le Calcul intégral.*

M. Magendie donne communication de l'observation récente qu'il a faite sur les effets de la lésion de la grande commissure du cervelet, au-dessus du passage de la cinquième paire. L'animal soumis à cette expérience tombe sur le côté où la lame nerveuse est coupée et perd l'accord du mouvement des yeux.

M. du Petit-Thouars lit la première partie du rap-

port qu'il a rédigé, au nom d'une commission, sur une Notice de M. Romain, *concernant l'Anatomie végétale.*

M. Poncelet, capitaine du Génie, présente un ouvrage manuscrit dont il lit l'introduction et qui a pour titre : *Mémoire sur la Théorie générale des polaires réciproques*, pour faire suite au Mémoire *sur les Centres des moyennes harmoniques.*

M. Magendie fait, au nom de M. Gay-Lussac et au sien, un rapport sur un Mémoire de M. Chevreul *concernant plusieurs points de chimie organique.* Le Mémoire a été approuvé par l'Académie : il sera imprimé dans le *Recueil des Savans étrangers.*

M. Bosc fait un rapport verbal au sujet d'une Notice adressée de Moscow, par M. Fischer, et relative à un insecte connu en Perse sous le nom de *mianah.*

M. Ampère lit, en son nom et au nom de M. Becquerel, une Note intitulée : *Sur une Expérience relative à la nature du courant électrique.*

RAPPORT *sur le Mémoire de M.* Burdin *intitulé* : Des Turbines hydrauliques *ou* Machines rotatoires à grande vitesse.

PAR MM. PRONY, et GIRARD, Rapporteur.

M. BURDIN, ingénieur au corps royal des mines, professeur de mécanique à l'école des mineurs de Saint-Etienne, a soumis au jugement de l'Académie un Mé-

moire sur une espèce particulière de roues hydrauliques *à grandes vitesses*, auxquelles il a donné le nom de *turbines*.

M. de Prony et moi avons été chargés de l'examiner et d'en rendre compte.

On sait que les roues hydrauliques reçoivent diverses dénominations suivant le mode d'action de la force motrice à laquelle elles sont soumises.

Ainsi on appelle *roues à aubes* celles qui sont mues par le choc; et *roues à godets* celles qui sont mues par le poids de l'eau. M. Burdin applique la dénomination spéciale de *turbine* à celles dont l'axe de rotation est incliné sous un angle quelconque, et sur les aubes ou palettes desquelles il s'exerce une certaine action due non-seulement au choc et au poids de l'eau qu'elles reçoivent, mais encore à la force centrifuge dont cette eau est animée pendant son écoulement sur la surface de ces palettes.

On sait depuis long-temps que, pour obtenir dans une circonstance donnée le résultat le plus avantageux pour l'effet qu'on se propose, il n'est point indifférent d'employer l'une ou l'autre espèce de ces roues hydrauliques.

L'on sait encore que l'effet utile de l'une d'elles, pendant le temps qu'un volume d'eau déterminé exerce son action à la circonférence de cette roue, est toujours égal au produit d'un certain poids, par la hauteur verticale à laquelle cette roue peut s'élever dans le même temps, de quelque manière d'ailleurs qu'il soit lié avec elle.

On sait enfin par l'application du principe de la *conservation des forces vives* à la recherche du rapport

qui existe entre l'effet utile et l'effort absolu d'une roue hydraulique quelconque, que ce rapport est le plus grand possible lorsque le fluide commence à agir sur les palettes de cette roue sans les choquer, et que la vitesse relative dont il était animé en glissant sur elles se trouve entièrement anéantie au moment même où il cesse d'exercer son action.

Le Mémoire de M. Burdin a pour objet d'apprendre à construire les *turbines hydrauliques* de telle sorte qu'elles reçoivent, sous les deux conditions que nous venons d'énoncer, l'action du fluide qui les met en mouvement.

On se formera l'idée la plus simple de ces roues, si, concevant deux portions de surfaces cylindriques concentriques, renfermées entre deux bases perpendiculaires à leur axe commun, l'on suppose l'espace ou couronne circulaire compris entre les deux surfaces cylindriques, divisé par un certain nombre de cloisons ou de palettes égales, dont la surface à double courbure est engendrée suivant une certaine loi.

Ces cloisons ou palettes diviseront ainsi l'espace annulaire compris entre les deux cylindres concentriques en autant de canaux hélicoïdes plus ou moins approchant de ceux qui forment la vis d'Archimède ordinaire.

Que l'on conçoive maintenant un courant d'eau convenablement dirigé tombant d'une certaine hauteur dans un de ces canaux; il est clair qu'en vertu de la vitesse dont il est animé, de l'angle que forme sa direction avec la surface de la palette sur laquelle il tombe, de la pression qu'il y exerce, en raison de la masse, pendant qu'il glisse sur elle, il imprime à la roue supposée mobile

autour de son axe un mouvement de rotation, lequel est encore nécessairement modifié par la force centrifuge de l'eau dans le canal hélicoïde qui la contient.

Afin de rendre ce que nous avons à dire plus facile à saisir, nous ne considérerons dans ce qui va suivre qu'un des filets élémentaires du courant d'eau moteur, et l'élément de la palette à double courbure que ce filet parcourt depuis son entrée jusqu'à sa sortie de la *turbine*.

La production du plus grand effet exige, comme nous vons de le dire, que ce filet d'eau entre dans le petit canal hélicoïde sans en choquer les parois et en sorte après y avoir perdu toute sa vitesse.

Supposons pour un instant que la roue tourne autour de son axe avec une vitesse angulaire infiniment petite, il est évident que le filet d'eau que nous considérons entrera dans le petit canal destiné à le recevoir sans choquer la palette à double courbure qui en forme le fond, pourvu que ce filet d'eau soit dirigé suivant la tangente de cette courbe à double courbure au point où il la rencontre.

Ainsi la première condition nécessaire à la production du plus grand effet de la machine se trouverait remplie par cette disposition.

Mais la vitesse initiale du filet fluide tangentiellement à la palette, étant toujours nécessairement augmentée de celle qu'il acquiert en passant de l'extrémité supérieure de cette palette à son extrémité inférieure, il est évident que la vitesse finale de ce filet, c'est-à-dire, celle dont il est animé à sa sortie du canal qu'il a parcouru, ne peut jamais être nulle, d'où il suit que la seconde condition nécessaire à la production du plus grand effet

ne peut être satisfaite dans l'hypothèse d'une vitesse de rotation infiniment petite.

Supposons donc 1°. que la turbine se meuve avec une vitesse finie; 2°. que le filet fluide qui y entre soit compris dans un plan perpendiculaire au plan tangent de la palette à son origine; la direction de ce filet ayant d'ailleurs une inclinaison quelconque sur ce dernier plan, on conçoit que l'on pourra toujours décomposer la vitesse du filet fluide en deux autres vitesses, l'une tengentielle à la palette au point d'incidence, l'autre parallèle à la tangente du cercle qui est décrit par ce point d'incidence autour de l'axe de rotation de la machine.

Le filet d'eau moteur peut donc être considéré 1°. comme animé d'une vitesse tangentielle avec laquelle il entre dans le canal hélicoïde; 2°. d'une autre vitesse en vertu de laquelle il tend à en choquer la paroi, et avec laquelle il la choquerait en effet si le système était immobile; mais comme la direction de cette seconde vitesse est parallèle à la tangente au cercle décrit par le point d'incidence, on voit que si elle est précisément égale à la vitesse angulaire de ce point, il se soustraira complètement au choc auquel il était exposé; ainsi il ne restera au filet d'eau entrant dans le canal hélicoïde qu'une vitesse relative tangentielle au premier élément de ce canal, ce qui satisfera à la première condition du *maximum* d'effet cherché.

D'un autre côté, puisque la vitesse initiale du filet d'eau le long du canal hélicoïde, quelle qu'en soit la courbure, se trouve accrue, lorsqu'il en sort, de la vitesse due à la hauteur verticale comprise entre les deux orifices, il suffira pour remplir la seconde condition du *maximum*

de faire en sorte que la vitesse du fluide acquise à l'orifice inférieur du canal qu'il a parcouru soit précisément égale et directement opposée à la vitesse angulaire de cet orifice autour de l'axe de rotation.

Quand il s'agit d'établir une roue hydraulique quelconque, on connaît le volume et la chute de l'eau qui doit servir à imprimer et à entretenir son mouvement. On connaîtra toujours par conséquent la vitesse absolue du fluide à son entrée dans les couloirs d'une *turbine*.

Sa vitesse *relative* à ce point d'entrée, c'est-à-dire, sa vitesse suivant la tangente au premier élément du canal hélicoïde dans lequel il entre, dépend évidemment de l'angle formé par cet élément et la direction des filets fluides affluens, l'autre composante de leur vitesse absolue, c'est-à-dire, la vitesse de rotation de la machine est aussi une certaine fonction du même angle.

Enfin la vitesse relative du filet fluide, à la sortie du canal qu'il a parcouru, doit être, comme il vient d'être dit, égale et directement opposée à cette vitesse de rotation.

Mais la vitesse de rotation d'une roue hydraulique est toujours déterminée préalablement par l'espèce de travail auquel elle est destinée.

On a donc 1°. deux quantités connues, qui sont la vitesse absolue du courant moteur, et la vitesse de rotation de la machine; 2°. deux quantités inconnues, qui sont l'inclinaison du coursier sur le premier élément de la palette, et la vitesse initiale de l'eau le long de cet élément. Si donc on exprime, au moyen de ces quatre quantités et de leurs relations, les deux conditions du *maximum d'effet*, savoir que l'eau entre dans la turbine sans

en choquer les palettes, et qu'elle en sort avec une vitesse relative nulle, on formera deux équations au moyen desquelles on déterminera l'inclinaison du coursier sur le premier élément des palettes, et la vitesse initiale du fluide le long de cet élément, de manière à rendre la machine susceptible de produire le *maximum* d'effet qu'il s'agit d'obtenir.

M. Burdin, après être parvenu par un calcul très-simple à la solution de cette question, applique ce calcul à des cas particuliers ; il considère successivement des *turbines* cylindriques, soit que leurs axes soient horizontaux, inclinés à l'horizon sous un angle quelconque, ou érigés verticalement. Il considère ensuite dans les mêmes circonstances les turbines coniques, c'est-à-dire, celles dont les palettes sont fixées entre deux surfaces coniques concentriques, et il distingue les deux cas où le fluide est introduit dans la roue par la plus petite ou la plus grande base du cône tronqué dont cette roue est formée.

Il compare entr'eux ces divers systèmes de *turbines*. Il indique ce qui peut rendre les unes préférables aux autres ; il développe quelques considérations générales sur la nécessité de tirer le meilleur parti possible des courans d'eau qui fournissent gratuitement, dans presque toutes les contrées, des forces motrices très-puissantes, et pour y parvenir, il recommande l'emploi des roues hydrauliques dont il a entrepris d'exposer la théorie.

Afin de la rendre aussi complète que possible, M. Burdin a joint à son Mémoire un appendice dans lequel il traite fort au long des circonstances et des conditions du mouvement d'un corps pesant sur une courbe maté-

rielle et inflexible qui se meut elle-même dans l'espace autour d'un axe fixe avec une vitesse angulaire constante.

Il parvient à l'expression générale de l'effort que ce mobile exerce contre la courbe en vertu de son poids et de la force centrifuge dont il est animé ; et comme cet effort multiplié par la vitesse angulaire du système doit être égal à l'effet qu'il est capable de produire, il trouve, comme on l'avait déjà appris par l'application du principe des forces vives à cette question, que le *maximum* d'effet a lieu lorsque le mobile entre sur la courbe matérielle sans la choquer, et s'en dégage sans vitesse quand il est parvenu à son extrémité inférieure.

Telle est l'analyse succincte du travail que nous avons été chargés d'examiner : il n'a point pour objet une matière nouvelle. Les physiciens et les géomètres ont depuis long-temps commencé à s'en occuper ; mais c'est à M. de Borda que l'on doit d'avoir appliqué le premier, en 1767, le principe de la conservation des forces vives à la recherche de l'effet produit par les différentes espèces de roues hydrauliques que nous avons énumérées au commencement de ce rapport : à la vérité, il ne donne cette application du principe des forces vives que pour confirmer les solutions auxquelles il était parvenu en faisant usage d'un autre principe de mécanique. Feu M. Petit, professeur à l'Ecole Polytechnique, publia en 1818, dans les *Annales de Chimie et de Physique*, un Mémoire spécial sur l'emploi du principe des forces vives au calcul de l'effet des machines mises en mouvement par des fluides pesans et incompressibles ou par des fluides élastiques ; enfin, M. Navier, donnant à

l'application spéciale de ce principe aux roues hydrauliques des développemens plus étendus, n'a pas manqué de faire remarquer, dans ses notes sur le premier volume de l'*Architecture hydraulique* de Bélidor, publiées en 1819, que l'effet d'une roue horizontale parvenait à son *maximum* dans le seul cas où le fluide s'introduisait entre les palettes sans les choquer, et sortait sans vitesse du canal curviligne qu'il avait parcouru.

L'expression de la vitesse uniforme de la roue qui est convenable au *maximum* d'effet donne immédiatement le rapport entre cette vitesse uniforme et l'angle formé par la direction du courant sur la palette à son point d'incidence; mais MM. de Borda et Navier ont considéré le seul cas où l'axe de cette roue est vertical. M. Burdin a envisagé la question plus généralement; il a déterminé l'angle dont il s'agit, quelle que soit l'inclinaison de l'axe de rotation sur un plan fixe. Il trouve, par exemple, que cet angle doit être de 45 degrés lorsque l'axe de la turbine est horizontal comme celui des roues à aubes et des roues à godets ordinaires.

Cet ingénieur, en transmettant à l'un de nous quelques explications sur divers points de son Mémoire, a annoncé qu'il avait eu occasion de mettre sa théorie en pratique dans une usine des environs de Saint-Etienne, et que les avantages qu'elle promettait avaient été obtenus de l'expérience. Il résulte en effet d'un procès-verbal dressé par une commission de la Société d'Agriculture et du Commerce de l'arrondissement de Saint-Etienne, commission dont faisaient partie MM. Beaunier, ingénieur en chef des Mines, et Marcellin, ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées, qu'une *turbine hydrau-*

lique de M. Burdin, placée dans les mêmes circonstances qu'une ancienne roue à augets, et dépensant la même quantité d'eau motrice, a produit un effet plus considérable de 25 pour $\frac{0}{0}$ environ. Malheureusement, de l'aveu même des commissaires, ces expériences n'ont point été assez multipliées pour assigner ce rapport avec toute la précision desirable.

On pourrait, au premier aperçu, trouver quelque analogie entre la roue de M. Burdin et celle connue sous le nom de *roue à poire,* celle à réaction et celle des Moulins du Basacle, à Toulouse : M. Burdin lui-même regarde toutes celles-ci comme des cas particuliers de ses *turbines.* Mais il faut convenir que ces dernières ont sur les autres un perfectionnement de construction qui consiste à tenir renfermé dans un espace annulaire le volume entier du fluide moteur, qui par conséquent exerce toute son action sur les palettes courbes, depuis le premier moment de son entrée dans les couloirs jusqu'à l'instant de sa sortie, tandis que, dans la plupart de celles dont nous venons de rappeler les noms, les ailes dont elles sont garnies n'étant point renfermées dans un semblable anneau, le fluide qui glisse sur elles peut se porter, en vertu de sa force centrifuge, au-delà de ces palettes, entre leurs extrémités et la surface concave du cône ou cylindre de maçonnerie où elles tournent, intervalle plus ou moins spacieux dans lequel le fluide dissipe toujours en pure perte une certaine quantité de son action.

Le Mémoire dont nous venons de rendre compte annonce que son auteur est parfaitement au courant de la science qu'il est chargé de professer à l'Ecole de

Saint-Etienne. C'est aux ingénieurs instruits et qui se trouvent placés comme lui dans des circonstances favorables, qu'il appartient de faire servir les principes de la mécanique rationnelle au perfectionnement des procédés industriels, et de prouver les avantages de la théorie par les applications utiles qu'ils sont capables d'en faire à la pratique. Nous pensons que M. Burdin mérite les encouragemens de l'Académie, qu'il doit être invité à continuer ses recherches, et notamment à multiplier ses expériences sur les roues hydrauliques toutes les fois qu'il en trouvera l'occasion.

DÉCOMPOSITION *de l'oxalate de chaux par la potasse.*

PAR M. LAUGIER.

M. LAUGIER, en faisant l'analyse d'un calcul urinaire qu'il a trouvé composé de

Acide urique.............	1 partie.
Urate d'ammoniaque.......	4
Phosphate d'ammoniaque...	$\frac{1}{2}$
Oxalate de chaux.........	$1\frac{1}{2}$
Matière animale..........	2
Perte et humidité........	1

a eu occasion d'observer un fait très-remarquable, la décomposition complète de l'oxalate de chaux par la *potasse.*

« J'avais fait chauffer, dit M. Laugier, 10 parties de ce calcul avec une dissolution faible de *potasse caustique*, dans l'intention d'isoler de l'oxalate de chaux de l'acide urique, soit libre, soit combiné. C'est le moyen que tous les auteurs recommandent pour opérer cette séparation.

» La portion insoluble que je considérais comme de l'oxalate de chaux se trouva être du carbonate de chaux sans mélange. Cette chaux ne pouvant provenir que de l'oxalate de cette base, il en résultait que ce sel avait été décomposé par la potasse. En effet, je recherchai et je retrouvai dans la potasse l'acide oxalique qu'elle avait enlevé à la chaux. Curieux de vérifier ce fait, je pris 100 parties d'oxalate de chaux artificiel, je les fis bouillir avec une dissolution de potasse, et je réussis, en deux fois, à le décomposer entièrement. Je répétai cette expérience sur 20 parties d'oxalate de chaux détachées d'un calcul mural plus dur que de l'ivoire, et deux traitemens par la dissolution de potasse suffirent pour opérer complètement leur décomposition. Il faut en conclure qu'une dissolution de potasse ne peut être un bon moyen, surtout à chaud, de séparer l'oxalate de chaux des substances solubles dans cet alcali, qui contient presque toujours de l'acide carbonique ou qui en absorbe pendant l'opération. »

(*Journ. de Pharm.* x. 261.)

Nota. Le fait observé par M. Laugier change entièrement de nature si l'on peut supposer que la potasse employée par cet habile chimiste était un peu carbonatée, parce qu'il est bien certain que l'oxalate de

chaux est facilement décomposé par le carbonate de potasse. Nous demanderons donc si la potasse parfaitement caustique peut décomposer en totalité ou en partie l'oxalate de chaux.

ANALYSE *de la Racine de la Fougère mâle.*

Par M. MORIN, Pharmacien à Rouen.

CETTE racine, qu'on emploie avec succès comme anthelmintique, doit cette propriété à une substance grasse susceptible d'être saponifiée, d'une odeur nauséabonde qui rappelle parfaitement celle de la racine qui l'a fournie, d'une saveur des plus désagréables, plus pesante que l'eau, répandant en brûlant une fumée épaisse aromatique, et se distillant avec l'eau. La racine contient en outre de l'acide gallique et de l'acide acétique, du sucre incristallisable, du tannin, de l'amidon, une matière gélatineuse insoluble dans l'eau et dans l'alcool, du ligneux et des sels qu'on trouve dans ses cendres. M. Morin considère la matière grasse comme formée d'une huile fixe et d'une huile volatile; mais il n'en a pas donné des preuves suffisantes, et il est à desirer qu'il fasse mieux connaître le principe caractéristique de la racine de la fougère.

(Extrait du *Journ. de Phys.* x. 223.)

ÉVALUATIONS *des quantités d'eau que le Rhône et le Nil versent dans la Méditerranée.*

IL serait utile, pour résoudre plusieurs questions de physique générale, de savoir avec exactitude quelles quantités d'eau les principaux fleuves versent dans la mer ; mais malheureusement on manque presque totalement de données à ce sujet. Voici toutefois des évaluations que je viens de trouver dans une excellente *Statistique* du département des Bouches-du-Rhône, publiée par M. le comte de Villeneuve.

Le Rhône, au-dessous d'Avignon, a 250$^{m.}$ de largeur. Sa profondeur moyenne est d'environ 6$^{m.}$; sa vitesse moyenne par seconde 1$^{m.}$,20. Le volume d'eau qui s'écoule dans une seconde est donc égal à 1800 mètres cubes.

La Durance apporte au Rhône, d'après une évaluation particulière. 360

Les autres écoulemens au plus... 40

Le total.......................= 2200 mètres cubes.

Cette évaluation est confirmée par les mesures directes prises au pont de bateaux d'Arles.

La largeur y est de.........	149^{m},75 ;
La profondeur moyenne.....	16 ,50 ;
La vitesse moyenne........	0 ,72.

D'où résulte une somme de 1779 mèt. cub. par seconde.

Le volume des eaux du petit Rhône est.......... 421

Le total............. = 2200 mètres.

Soustrayant de là 200 mètres environ, tirés du Rhône pour les roubines de la Camargue, il restera, comme ci-dessus, 2000 mètres cubes pour l'eau que ce fleuve verse dans la mer par seconde.

Les évaluations précédentes sont relatives à l'état du Rhône au printemps. A cette époque, les eaux varient peu de hauteur et sont à-peu-près dans un état moyen entre la saison des pluies et le temps de la sécheresse.

Ce qui suit est tiré d'un Mémoire de M. Girard.

A Syout, dans la haute Egypte, à une époque de l'année où le Nil est bas (le 31 mars 1799), ce savant ingénieur trouva, pour le volume des eaux, 679 mètres cubes par seconde.

Dans le temps de l'inondation, vers l'équinoxe d'automne, le volume des eaux, à Syout, était de 10247 mètres cubes, c'est-à-dire, quinze fois environ plus considérable qu'en avril. Mais il faut remarquer qu'à l'instant de la crue, le Nil, tel que M. Girard l'a mesuré, est appauvri de toutes les dérivations faites pour arroser les deux rives, depuis la première cataracte jusqu'à Syout, dans une étendue de cinquante-cinq myriamètres. En tenant compte de cette circonstance, M. Girard estime que le volume des eaux du Nil, à l'époque de la plus forte crue, est *vingt fois* au moins plus grand que lorsqu'il commence à croître, c'est-à-dire, qu'il s'élève à environ 14000 mètres cubes par seconde.

Voici, pour ceux qui voudraient évaluer, d'après ces données, *la quantité moyenne* d'eau que le Nil verse dans la mer, l'état annuel des crues.

Au solstice d'été, on commence à s'apercevoir de la crue au-dessous de la dernière cataracte. C'est seulement

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL	VENTS
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.	à midi.	à midi.
1	758,18	+15,0	95	758,26	+19,8	76	758,19	+20,7	70	760,10	+14,0	88	+21,0	+12,8	Très-nuageux.	N.
2	762,58	+17,0	57	762,30	+19,5	44	761,65	+20,5	42	761,60	+16,0	79	+20,5	+10,2	Petits nuages blancs.	N. E.
3	762,55	+15,6	81	762,18	+18,9	61	761,43	+20,2	60	761,23	+16,2	81	+20,3	+10,5	Nuageux.	N.
4	760,94	+16,9	78	759,74	+20,2	62	758,93	+21,5	54	758,42	+17,5	70	+21,5	+12,2	Nuageux.	N.
5	758,45	+19,7	64	757,97	+22,5	58	757,02	+23,5	53	757,41	+18,0	74	+23,5	+13,1	Très-nuageux.	N. E.
6	758,87	+19,6	80	758,61	+23,2	69	758,13	+25,0	58	758,70	+19,4	88	+25,0	+14,8	Beau.	N.
7	759,50	+20,0	75	759,09	+24,4	69	758,35	+26,2	60	758,24	+21,2	74	+26,2	+13,8	Beau.	N.
8	758,23	+22,5	78	757,60	+25,8	65	756,75	+28,1	55	755,78	+23,0	78	+28.6	+15,1	Légères vapeurs.	N.
9	754,73	+26,9	68	754,04	+28,5	56	752,60	+28,4	51	752,17	+21,5	80	+28,8	+17,5	Petits nuages.	E.
10	754,30	+19,6	88	753,75	+23,4	74	753,55	+19,5	87	754,00	+16,0	95	+23,4	+16,0	Très-nuageux.	N. O.
11	755,66	+13,5	94	756,14	+14,6	84	756,50	+15,0	82	758,64	+12,4	81	+15,1	+12,2	Couvert.	N.
12	760,33	+13,2	68	760,60	+13,5	68	760,56	+14,4	67	761,20	+ 8,9	83	+14,4	+ 8,9	Couvert.	N. O.
13	761,07	+15,5	71	760,40	+18,2	60	759,26	+18,0	60	756,58	+12,7	94	+18,3	+ 6,7	Quelques éclaircies.	S. O.
14	749,30	+17,5	79	748,20	+14,5	94	745,63	+14,2	99	743,02	+13,5	98	+17,5	+11,0	Plnie.	S.
15	741,38	+17,0	99	742,03	+17,8	93	742,15	+16,0	95	742,93	+13,0	98	+20,5	+13,0	Pluie abondante.	S.
16	746,24	+15,8	91	746,24	+18,1	76	745,45	+19,0	76	745,58	+12,8	99	+19,0	+ 8,7	Nuageux.	S. S. E.
17	748,20	+20,7	70	749,15	+19.8	70	750,00	+20,0	74	752,80	+13,8	99	+21,9	+10,5	Couvert.	E. S. E.
18	756,50	+14,2	70	756,88	+14,8	70	757,27	+15,2	70	757,26	+12,2	82	+15,2	+10,0	Couvert.	N. N. O.
19	754,63	+17,8	70	753,13	+19,0	70	752,58	+17,8	91	748,67	+13,0	99	+19,0	+ 6,0	Très-couvert.	S.
20	748,60	+18,5	72	748,34	+19,5	74	747,88	+19,9	70	748,20	+13,0	93	+19,9	+11,8	Très-nuageux.	S.
21	747,67	+18,8	70	747,25	+20,4	68	746,48	+21,5	62	747,60	+13,3	89	+21,5	+ 8,7	Couvert.	S. O.
22	749,83	+17,0	69	748,90	+19,0	62	747,82	+20,0	63	745,87	+15,5	79	+20,0	+ 9,5	Très-nuageux.	S. O.
23	742,77	+20,5	70	742,42	+20,5	80	741,07	+19,5	75	741,45	+13,0	98	+21,1	+13,0	Pluie par intervalles.	S.
24	743,90	+20,5	73	744,50	+21,0	74	745,40	+19,7	74	748,17	+14,0	91	+21,0	+13,0	Quelques gout. d'eau.	S. O.
25	752,38	+17,0	74	753,32	+18,4	68	753,80	+18,6	66	756,70	+13,5	89	+18,8	+ 9,9	Très-nuageux.	O. S. O.
26	759,80	+16,5	73	759,80	+18,9	61	759,50	+20,8	60	759,66	+13,2	88	+20,8	+ 9,5	Nuageux.	O. S. O.
27	758,37	+21,1	67	757,95	+23,0	61	756,90	+21,4	61	756,50	+18,1	81	+23,0	+ 9,7	Couvert.	S. E.
28	756,32	+24,8	68	755,96	+26,5	64	755,22	+27,0	62	754,63	+20,7	85	+27,0	+13,5	Nuageux.	S. E.
29	751,55	+26,0	75	752,20	+18,7	92	751,70	+24,0	82	754,06	+15,8	98	+26,0	+15,8	Pluie abondante.	O.
30	758,07	+19,5	71	758,10	+20,9	71	757,57	+21,2	61	757,75	+16,2	87	+21,8	+12,2	Très-nuageux.	S. O.
1	758,83	+19,3	76	758,35	+22,6	63	757,66	+23,4	59	757,76	+18,3	81	+23,9	+13,6	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	752,19	+16,4	78	752,11	+17,0	76	751,73	+17,0	78	751,49	+12,5	93	+18,1	+ 9,9	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 4,745
3	752,07	+20,2	71	752,04	+20,7	70	751,55	+21,4	63	752,24	+15,3	88	+22,1	+11,5	Moyenn. du 21 au 30.	Terrasse, 4,175
	754,36	+18,6	75	754,16	+20,1	70	753,64	+20,6	67	753,83	+15,4	87	+21,3	+11,7	Moyennes du mois, +16°,5.	

Sur *la Chaleur rayonnante.*

Par M. Poisson.

§ Ier. La chaleur qui s'échappe d'un corps solide sous forme rayonnante ne part pas seulement des points de sa surface ; elle émane aussi de tous les points qui en sont voisins jusqu'à une profondeur imperceptible. La loi de cette émission consiste en ce que la quantité de chaleur émise au dehors par l'un de ces points, dans chaque direction, ne dépend que de la distance qu'elle a parcourue dans l'intérieur du corps, et nullement de l'angle sous lequel elle a traversé sa surface. Cette quantité de chaleur est une fonction de la distance parcourue, du genre de celles qui décroissent très-rapidement à mesure que la variable augmente, et deviennent insensibles dès que la variable a acquis une grandeur sensible. Parvenu à la surface, chaque rayon de chaleur continue de se mouvoir dans l'air environnant, en ligne droite, et suivant le prolongement de la direction qu'il avait auparavant ; de sorte que la quantité de chaleur qui traverse à chaque instant un élément infiniment petit de la surface dans une direction déterminée, provient des points du corps qui sont compris dans un cylindre parallèle à cette direction et circonscrit à cet élément. Or, si l'on mène par un point du contour de ce même élément un plan perpendiculaire au cylindre, on retranchera de son volume une portion infiniment petite dans ses trois dimensions, et l'on pourra négliger la chaleur émise par cette petite partie du corps, par rapport à celle qui provient de l'autre portion du

cylindre. Celle-ci sera évidemment proportionnelle à l'aire de la section qu'on a faite dans le cylindre ; mais d'après la loi de son émission, le rapport de cette quantité de chaleur à l'étendue de cette même aire ne variera pas avec la direction du cylindre : d'ailleurs cette aire est égale à l'élément de la surface multiplié par le cosinus de l'angle compris entre cette direction et la normale à cet élément ; il en résulte donc que les quantités de chaleur rayonnante qui traversent un même élément de la surface d'un corps solide, suivant différentes directions, sont entre elles comme les cosinus des angles que leurs directions respectives font avec la normale à cette surface au point que l'on considère. C'est sous cette forme que la loi d'émission de la chaleur rayonnante s'énonce ordinairement, et qu'elle a été trouvée par l'observation directe. En partant de cet énoncé, on en déduirait réciproquement que la quantité de chaleur émise au dehors par chaque point du corps très-voisin de la surface, est indépendante de l'angle que fait sa direction avec la normale au point d'émission.

Si le corps qui émet la chaleur rayonnante est placé dans le vide, ou bien si l'on fait abstraction de la petite portion de cette chaleur absorbée par l'air dans lequel elle se meut, son intensité, selon chaque direction, variera en raison inverse du carré des distances au point d'où elle est partie. D'après ces données, la quantité de chaleur que recevra à chaque instant un point quelconque O, pris hors du corps rayonnant, et qui lui sera envoyée par un élément de la surface de ce corps, aura pour expression :

$$\frac{k\alpha\cos i}{r^2};$$

α étant l'aire de cet élément, r sa distance au point O, i l'angle que fait cette ligne r avec la normale à l'élément, et k un coefficient indépendant des trois premières quantités. En désignant par ω l'ouverture du cône circonscrit à l'élément α, et dont le sommet est au point O, c'est-à-dire, la portion de surface interceptée par ce cône sur une sphère décrite du point O comme centre avec un rayon égal à l'unité; observant de plus que le produit $\alpha \cos i$ est équivalent à la portion de surface interceptée par le même cône sur la sphère dont le rayon est r, on aura $\alpha \cos i = r^2 \omega$; ce qui réduira la quantité précédente à $k\omega$. Si la température du corps qui rayonne vers le point O est partout la même, et si sa surface a aussi partout la même coloration et le même degré de poli, la quantité k sera constante pour tous ses élémens. Appelant donc Ω l'ouverture finie d'un cône qui a son sommet en O, et s'appuie sur une portion quelconque de cette surface, le produit $k\Omega$ sera la mesure de la quantité de chaleur envoyée par cette partie du corps au point O, ou, autrement dit, cette quantité de chaleur sera indépendante de la forme du corps et de la distance du point O, et simplement proportionnelle à l'ouverture du cône qui s'appuie sur chaque portion de la surface rayonnante. Comme les lois du cosinus relativement à la direction, et du carré des distances par rapport au décroissement d'intensité, s'observent aussi dans l'émission de la lumière, il en résulte que ce théorème s'applique à la fois à la chaleur et

à la lumière ; c'est pour cette raison que toutes les parties d'un corps lumineux qui soutendent le même angle dans notre œil, nous paraissent également éclairées, quelles que soient la forme et la distance de ce corps, pourvu que tous les points de sa surface soient également lumineux.

Lorsque le point O sera compris dans un espace fermé de toute part, dont les parois solides sont partout à la même température, et ont, dans toute leur étendue, la même faculté rayonnante, le produit $k\Omega$ exprimera la quantité de chaleur qu'une partie de ces parois correspondante à l'ouverture conique Ω envèrra à chaque instant au point O, et pour avoir la mesure de la chaleur rayonnante qu'il recevra de la surface entière des parois, il suffira de mettre à la place de Ω la surface entière de la sphère dont le rayon est l'unité, ou de faire $\Omega = 4\pi$, π désignant le rapport de la circonférence au diamètre. Cette mesure sera, comme on voit, indépendante de la position du point O; par conséquent si l'on désigne par V le volume d'une portion quelconque de l'espace dont ce point fait partie, le produit $4\pi k V$ exprimera la somme des rayons calorifiques qui viennent se croiser à chaque instant dans cette étendue V; donc aussi $4\pi k$ sera la *densité* de la chaleur rayonnante dans toute l'étendue de l'espace fermé, laquelle densité est la température de cet espace, d'après la définition précise que M. Laplace en a donnée (1). Ainsi lorsque les parois d'une enceinte fermée ont partout la même température et la même faculté rayonnante, la quantité

---

(1) *Mécanique céleste*, livre XII, page 111.

de chaleur qu'elles envoient directement à chaque point de l'espace compris dans cette enceinte sera aussi partout la même, et indépendante de la forme et de l'étendue de ces parois. Cette remarque est due à M. Fourier, qui l'a faite le premier, il y a déjà plusieurs années; mais je n'ai pas connaissance que l'on ait jusqu'ici démontré la même proposition, en ayant égard à la fois à la chaleur émise et à la chaleur réfléchie par l'enceinte solide, et supposant ses parois à la même température, mais de natures différentes. Le but que je me propose maintenant est d'examiner cette question dans toute sa généralité.

Non-seulement les corps solides émettent au dehors de la chaleur rayonnante, mais ils ont aussi la faculté d'absorber en tout ou en partie celle qui vient tomber sur leurs surfaces. Les deux pouvoirs d'émettre et d'absorber la chaleur sont liés l'un à l'autre, et nous admettrons que dans chaque direction ils augmentent ou diminuent dans le même rapport, supposition dont il serait difficile de démontrer l'entière exactitude par des expériences directes, mais qui se trouvera justifiée dans le cas des températures ordinaires, par l'accord des résultats qui s'en déduisent avec l'observation. Ainsi les parois de l'enceinte solide étant d'abord de nature à absorber toute la chaleur qui tombe sur leur surface, appelons alors C la quantité de chaleur qui traverse à chaque instant, dans une direction donnée, un élément quelconque de cette surface; si la nature des parois vient à changer sans que leur température ait varié, et que maintenant la quantité de chaleur émise par cet élément dans la même direction ne soit plus que nC, n étant

une fraction donnée, il n'y aura non plus que la même fraction n de la chaleur qui vient tomber dans cette direction sur l'élément que l'on considère, qui continuera d'être absorbée, et le surplus de cette chaleur rayonnante sera réfléchi en faisant avec la normale à l'élément l'angle de réflexion égal à l'angle d'incidence. La chaleur émise sera diminuée suivant le même rapport de n à un dans toutes les directions; il en sera donc de même à l'égard de la chaleur absorbée en tous sens, et la totalité de cette chaleur se trouvera réduite à la fraction n de celle qui tombe à chaque instant sur l'élément.

Cela posé, dans le produit $k\omega$, qui exprime la chaleur envoyée directement par l'élément α au point O, le coefficient k dépendra de la température qui répond à cet élément et de la nature de la surface; pour chaque température ce coefficient aura une valeur *maxima*, laquelle valeur répondra au cas de la réflexion nulle, et sera celle qui aurait lieu si l'élément était capable d'absorber toute la chaleur qu'il reçoit. Désignant donc par θ cette plus grande valeur relativement à l'élément α, on aura, en général, $k = n\theta$, n étant une fraction donnée qui exprimera en même temps la proportion de la chaleur absorbée. Pour plus de généralité, nous supposerons d'abord que l'enceinte fermée qui contient le point O n'a pas partout le même degré de chaleur non plus que la même nature de surface, et quand nous considérerons d'autres élémens infiniment petits de la surface, dont les aires seront représentées par α', α'', etc., nous désignerons par θ', θ'', etc., n', n'', etc., ce que deviennent les deux quantités θ et n, relativement à ces divers élémens.

Imaginons présentement qu'on ait ployé les arêtes indéfinies du cône circonscrit au premier élément α, dont le sommet est un point O, de manière que les deux parties de chaque arête soient également inclinées sur cet élément, et comprises dans le même plan normal. Le cône tronqué qui partira de l'élément α, étant suffisamment prolongé, ira intercepter sur la surface de l'enceinte un second élément α'. Si l'on ploie une seconde fois les arêtes de ce cône tronqué, de manière que les deux parties de chaque arête ne sortent pas du même plan normal à l'élément α', et soient également inclinées sur cet élément, on formera un second cône tronqué qui interceptera sur la surface de l'enceinte fermée un troisième élément α'' ; et ainsi de suite indéfiniment. Outre la quantité de chaleur $n\theta\omega$ qui lui sera directement envoyée par l'élément α, le point O recevra encore, dans la même direction, après une ou plusieurs réflexions, des portions de chaleur rayonnante émanées des élémens α', α'', etc.; il s'agira donc de former la série indéfinie de ces quantités pour avoir la totalité de la chaleur reçue par ce point, dans une direction déterminée.

Pour cela, appelons r', r'', etc., les distances qui séparent les élémens α et α', α' et α'', etc.; désignons par i' l'angle compris entre la distance r' et la normale à l'élément α', par i'' l'angle compris entre la distance r'' et la normale à l'élément α'', etc.; enfin, représentons toujours par r la distance du point O à l'élément α, par i l'angle que fait cette distance avec la normale à cet élément, et par ω l'ouverture du cône qui lui est circonscrit et dont le sommet est en O. Si l'on prolonge

les arêtes du premier cône tronqué au-delà de l'élément α, elles iront toutes concourir en un même point O'; et, d'après la construction de ce cône tronqué, la distance de O' à l'élément α sera égale à la distance r du point O à ce même élément, et l'ouverture du cône, qui aura son sommet en O', sera la même que l'ouverture du cône qui a son sommet en O. De même, en prolongeant les arêtes du second cône tronqué au-delà de l'élément α', elles concourront en un point O'', dont la distance à cet élément sera égale à la longueur entière $r+r'$ du cône dont le sommet est O', et le nouveau cône qui aura son sommet en O'' aura aussi ω pour ouverture; et ainsi de suite. On formera donc de cette manière une série de cônes obliques, dont les sommets seront les points O, O' O'', etc., qui auront tous la même ouverture ω, pour bases les élémens α, α', α'', etc., pour inclinaisons de leurs arêtes sur ces bases, les complémens des angles i, i', i'', etc., et pour longueurs r, $r+r'$, $r+r'+r''$, etc.; par conséquent l'équation $\alpha \cos i = r^2 \omega$, relative au premier cône, deviendra successivement pour tous les autres :

$$\alpha' \cos i' = (r+r')\,\omega,$$
$$\alpha'' \cos i'' = (r+r'+r'')\,\omega,$$
etc.

Observons maintenant que si l'enceinte solide n'y mettait obstacle, l'élément α' enverrait au point O' une quantité de chaleur exprimée par :

$$\frac{n'\,\theta'\,\alpha' \cos i'}{(r+r')^2},$$

laquelle est la même chose que $n'\,\theta'\,\omega$, d'après la première des équations précédentes. Cette quantité toute

entière serait celle qui parviendrait au point O si la réflexion sur l'élément α était complète ; mais, par hypothèse, cet élément absorbe une fraction n de la chaleur qu'il reçoit : la chaleur réfléchie, qui parviendra au point O sera donc réduite à $(1-n)\,n'\theta'\omega$. Nous voyons de même que l'élément α'' enverrait au point O'' une quantité de chaleur égale à $n''\theta''\omega$, si le rayonnement n'était interrompu par l'élément α' ; cette quantité de chaleur parviendrait réellement au point O après deux réflexions successives, si les élémens α' et α n'absorbaient aucune partie de la chaleur incidente ; mais, par hypothèse, la première réflexion diminuera l'intensité de la chaleur dans le rapport de $1-n'$, et la seconde dans le rapport de $1-n$ à l'unité ; en sorte que la chaleur émanée de l'élément α'', et qui parviendra au point O, sera réduite à la quantité $(1-n)\,(1-n')\,n''\theta''\omega$. A cause que l'enceinte solide est fermée de toutes parts, ces réflexions successives seront toujours en nombre infini ; mais, sans qu'il soit nécessaire d'aller plus avant, on voit que la totalité de la chaleur directe et réfléchie que le point O recevra dans la direction que nous considérons, aura pour expression la série :

$$n\theta\omega+(1-n)\,n'\theta'\omega+(1-n)\,(1-n')\,n''\theta''\omega+\text{etc.},$$

qui devra être prolongée à l'infini. Quand la température de l'enceinte solide ne sera pas la même dans toutes ses parties, la valeur de cette série dépendra de la forme de cette enceinte et de la nature de ses parois ; on va voir qu'elle n'en dépendra plus quand tous les points de l'enceinte seront à la même température.

En effet, on aura alors $\theta = \theta' = \theta'' =$ etc., et la quantité précédente se réduira à

$$\left(n + (1-n)\,n' + (1-n)\,(1-n')\,n'' + \text{etc.}\right) \theta\omega :$$

or, les quantités n, n', n'', etc., étant toutes positives et moindres que l'unité, la série comprise entre les parenthèses aura toujours pour somme l'unité; car si l'on prend une fraction n d'une unité, qu'on y ajoute une fraction n' du reste $1-n$, puis une fraction n'' du second reste $(1-n)\,(1-n')$, et ainsi de suite, il est évident que les restes successifs diminueront indéfiniment, et qu'on approchera de plus en plus de l'unité sur laquelle on aura opéré. Donc, dans le cas des températures égales, la quantité de chaleur reçue par le point O dans une direction déterminée se réduira à $\theta\omega$, comme si l'émission était à son *maximum*, et la réflexion nulle dans toute l'étendue de l'enceinte solide : la quantité qu'il recevra à chaque instant de l'enceinte toute entière sera exprimée par $4\pi\theta$; elle sera donc indépendante de la forme de cette enceinte, de la nature de ses parois et de la position du point O; par conséquent la température sera la même en tous les points de l'espace que cette enceinte renferme; ce qu'il s'agissait de démontrer.

Cette proposition importante suppose essentiellement la loi d'absorption dont nous sommes partis, et qui consiste en ce que la chaleur absorbée dans une direction quelconque diminue suivant la même proportion que la chaleur émise, l'absorption totale répondant au *maximum* de l'émission. Réciproquement, si l'on regarde l'égalité de température en tous les points d'un espace fermé, de forme et de nature quelconques, comme un fait donné

par l'expérience, cette loi d'absorption en sera une conséquence nécessaire ; mais cette loi et cette égalité de température, qui sont ainsi liées l'une à l'autre, ne subsistent que dans le cas des températures ordinaires, et elles cessent d'être vraies, par exemple, lorsque la température approche de celle des corps incandescens; car, d'après les expériences de M. Bérard sur la polarisation de la chaleur rayonnante, l'absorption de la chaleur, dans ce dernier cas, suit une toute autre loi, dépendante de l'inclinaison, et qui est telle que la totalité de la chaleur rayonnante peut être absorbée ou réfléchie dans certaines directions. Il faut donc admettre que la chaleur est absorbée par les corps solides, en des proportions différentes et suivant des lois qui ne sont pas les mêmes, selon que la température du corps qui l'a émise est très-élevée, ou qu'elle est une température ordinaire; différence analogue à celle que Laroche a découverte entre les quantités plus ou moins grandes de chaleur rayonnante qui peuvent traverser le verre, en raison de l'élévation de température de la source dont elle émane. Concluons aussi que l'équilibre de température serait impossible, en général, dans un espace fermé dont les parois seraient entretenues constamment à de très-hautes températures, ou, du moins, que si les points de cet espace pouvaient parvenir à des températures fixes, elles ne sauraient être les mêmes dans toute son étendue.

Dans ce qui précède, nous avons fait abstraction de la portion de chaleur qui peut être absorbée par l'air ou le gaz contenu dans l'espace fermé que nous avons considéré; mais quand l'équilibre de température y sera

établi, il subsistera encore malgré cette absorption, parce que les particules du fluide ont aussi la faculté d'émettre en tous sens de la chaleur rayonnante, qui compensera, dans cet état, la chaleur absorbée par elles, et maintiendra la température au même degré dans tous les points de cet espace.

§ II. Supposons maintenant qu'un corps de dimensions finies soit placé dans l'espace fermé que nous venons de considérer, et cherchons les lois du refroidissement de ce corps lorsque l'enceinte solide est entretenue constamment à une température égale dans toutes ses parties, et très-éloignée de celle de l'incandescence. Soit a l'aire infiniment petite d'un élément quelconque de sa surface; imaginons qu'on ait décrit une sphère, d'un de ses points comme centre et avec un rayon égal à l'unité; nous pourrons représenter par

$$mpat\omega \cos u,$$

la quantité de chaleur envoyée par le corps dans un temps t infiniment petit, à travers l'élément a, à un élément ω de la surface de cette sphère; u désignant l'angle compris entre la droite qui va d'un élément à l'autre, et la normale à l'élément a; m une fraction dépendante de la nature de la surface, et qui serait égale à l'unité dans le cas du *maximum* d'émission, et p un coefficient qui ne dépend que de la température correspondante à cet élément a. Nous en conclurons la totalité de la chaleur émise en tous sens par ce même élément pendant le temps t, en intégrant la formule précédente, et étendant l'intégrale à la demi-surface sphérique, située d'un même côté du plan de a indéfiniment pro-

longé : or, l'intégrale de ω cos. u, prise dans cette étendue, est égale au rapport π de la circonférence au diamètre ; cette quantité totale de chaleur sera donc exprimée par le produit

$$\pi m p a t.$$

La quantité de chaleur émise ou réfléchie dans le même temps t, par un élément α de l'enceinte solide, dans une direction qui fasse un angle i avec la normale à cet élément, et reçue, à une distance quelconque ρ, par une surface infiniment petite b, perpendiculaire à cette direction, aura pour expression :

$$\frac{p' b \alpha t \cos i}{\rho^2};$$

le coefficient p' dépendant uniquement de la température de l'enceinte, et étant le même, d'après ce qu'on a vu dans le paragraphe premier, que si l'émission était à son *maximum* dans toute son étendue. Si cette surface b était inclinée sur la direction de la chaleur rayonnante, il est évident que la quantité de chaleur qui la traverserait dans le temps t serait la même que celle qui aurait traversé, dans le même temps, sa projection sur un plan perpendiculaire à cette direction, en sorte que son expression se déduirait de la précédente en y mettant cette projection à la place de b. Maintenant supposons de plus que cette surface ne soit pas entièrement perméable à la chaleur, et qu'elle soit remplacée par l'élément a de la surface du corps solide ; la quantité de chaleur rayonnante qu'elle laissera passer se trouvera réduite dans le rapport indiqué par la fraction m ; et comme la projection de a sur un plan perpendiculaire à la distance de cet élément à l'élément α, est égale à $a \cos u$, u étant

l'angle compris entre cette ligne et la normale à a, il en résulte que la chaleur absorbée par cet élément a, dans le temps t, et émanée de l'élément α, aura pour valeur :

$$\frac{mp' \, t \, a \, \alpha \cos u \cos i}{\rho^2}.$$

En désignant par ω l'ouverture du cône qui a son sommet en un point du premier élément, et qui est circonscrit au second, on aura $\alpha \cos i = \rho^2 \, \omega$, et cette valeur deviendra :

$$mp' \, t \, a \, \omega \cos u.$$

Cette ouverture ω sera un élément d'une surface sphérique décrite d'un point de l'élément a comme centre, avec un rayon égal à l'unité ; et si la surface du corps solide est convexe à l'endroit qui répond à l'élément a, pour obtenir la quantité totale de chaleur absorbée en tous sens par cet élément, il faudra étendre l'intégrale de cette dernière formule à tous les élémens de la demi-surface sphérique ; ce qui donnera, pour valeur de cette quantité :

$$\pi \, mp' \, a \, t.$$

En la retranchant de la quantité de chaleur émise au dehors par le même élément a, on aura :

$$\pi \, m \, (p - p') \, a \, t,$$

pour la perte de chaleur éprouvée par le corps en ce point pendant le temps t.

Si l'on exclut le cas des hautes températures, la différence $p - p'$ sera proportionnelle à celle des températures du corps et de l'enceinte ; désignant donc par γ et γ' ces températures, et par h un coefficient qui ne

dépend ni de ces températures ni de la nature des surfaces du corps et de l'enceinte, la perte de chaleur due au rayonnement sera exprimée par :

$$\pi m h (y - y') a t,$$

ou simplement par :

$$\gamma (y - y') a t,$$

γ étant un coefficient qui dépendra de la coloration et du degré de poli de la surface du corps, et qui sera la mesure de sa faculté rayonnante, correspondante à l'élément *a*. Quand le corps sera environné d'air ou d'un gaz quelconque, il faudra ajouter à cette chaleur perdue celle qui lui est enlevée en même temps par le contact du fluide, et qui sera exprimée par $\gamma' (y - y'') a t$; y'' étant la température de ce fluide, et γ' un coefficient indépendant de la nature de la surface, dont la valeur ne dépend, d'après les expériences de MM. Petit et Dulong, que de la nature et de la force élastique du gaz.

Ce résultat nous montre que le refroidissement d'un corps, dans toute l'étendue de sa surface, ne dépendra ni de la forme ni de la nature de l'enceinte solide, pourvu que l'espace qui le contient soit fermé de toute part, et que ses parois soient entretenues à une température constante et partout la même; mais ce fait, que l'expérience confirme en général, est sujet, comme on va le voir, à quelques exceptions.

Si la surface du corps est concave dans l'endroit qui répond à l'élément *a*, il y aura des directions pour lesquelles l'élément α de l'enceinte solide devra être remplacé par un élément de cette concavité; à cause que sa température n'est pas la même que celle des élémens de

l'enceinte, le premier terme de la série indéfinie qui exprimera, d'après le paragraphe premier, la totalité de la chaleur émise et réfléchie par cet élément, se trouvera changée, et par suite la chaleur absorbée dans le temps t par l'élément a, au lieu d'être exprimée, comme plus haut, par $mp' t a\omega \cos u$, le sera pour les directions dont nous parlons, par la série :

$$\left(nq + (1-n)n'p' + (1-n)(1-n')n''p' + \text{etc.}\right) mta\omega \cos u,$$

dont la valeur est :

$$mp' ta\omega \cos u + mn(q - p') ta\omega \cos u,$$

et dans laquelle n et q représentent ce que deviennent m et p relativement à l'élément de la concavité que l'on considère. Dans ce cas, la totalité de la chaleur absorbée en tout sens par l'élément a aura donc pour valeur la quantité $\pi m p' a t$ comme précédemment, mais augmentée de l'intégrale de $mn(q-p') ta\omega \cos u$, étendue à tous les élémens de cette concavité du corps, qui envoient directement de la chaleur à l'élément a. Sa valeur dépendra de la forme de cette concavité, de la loi de température à sa surface, et de sa faculté rayonnante; mais le refroidissement du corps ne dépendra pas encore de la forme ni de la nature de l'enceinte solide.

Le nombre de réflexions qui ont lieu à la surface de cette enceinte étant infini, il pourra arriver, d'après la forme et la position du corps qu'elle renferme, que la chaleur réfléchie qui parvient à l'élément a ait rencontré une ou plusieurs fois la surface de ce corps. Pour fixer les idées, imaginons qu'une telle rencontre ait lieu à la troisième réflexion, en sorte que l'élément a''

sur lequel s'est faite cette réflexion, comme nous l'avons supposé dans le paragraphe premier, appartiennent maintenant à la surface du corps que nous considérons ; et soient $q_{,}$ et $n_{,}$, ce que deviennent les quantités p et m relativement à la température et à la nature de la surface en ce point. Les autres notations restant les mêmes que précédemment, la chaleur émise ou réfléchie par l'élément α de l'enceinte, et absorbée par l'élément a aura pour valeur la série :

$$\left(np'+(1-n)n'p'+(1-n)(1-n')n_{,}q_{,}+\text{etc.}\right)mta\omega\cos u,$$

laquelle est égale à

$$mp'ta\omega\cos u+m(1-n)(1-n')n_{,}(q_{,}-p')ta\omega\cos u;$$

par conséquent la totalité de la chaleur que cet élément absorbera en tous sens sera composée du terme $\pi mp'at$, augmenté de l'intégrale de

$$m(1-n)(1-n')n_{,}(q_{,}-p')ta\omega\cos u,$$

qui devra s'étendre à tous les points du corps qui envoient, de la manière qu'on a supposé, de la chaleur à cet élément. Donc, dans ce cas, le refroidissement dépendra de la position du corps dans l'espace fermé, ainsi que de la nature et de la forme des parois de l'enceinte qui le termine. Cela montre combien le calcul exact des quantité de chaleur absorbée par les différens points d'un corps, que contient un espace limité par une enceinte rayonnante, pourra quelquefois présenter de difficultés étrangères à la physique, qui se rapporteront à la géométrie et au calcul intégral.

Si le corps dont on considère le refroidissement est exposé à l'air libre, ou même s'il est contenu dans un

espace fermé d'une certaine étendue, il sera nécessaire d'avoir égard à la chaleur rayonnante qui lui est envoyée à chaque instant par tous les points de la masse d'air environnante. Supposons que ce corps soit la terre, et que a représente l'aire d'un élément infiniment petit de sa surface; désignons par r la distance d'une molécule quelconque de l'atmosphère à cet élément, par u l'angle compris entre la ligne r et la verticale correspondante au même élément, et par v l'angle que fait le plan de ces deux droites avec un plan fixe mené par la seconde, en sorte que r, u et v soient les trois cordonnées polaires qui déterminent la position de la particule atmosphérique; soit $\mathsf{6}$ la densité de l'air, et $d\mu$ l'élément différentiel de sa masse, qui répondent aux mêmes variables r, u et v, nous aurons :

$$d\mu = \mathsf{6} r^2 \sin u\, dr\, du\, dv.$$

Chaque particule fluide rayonne également en tous sens; la quantité de chaleur qu'elle émet à chaque instant dépend de la température qui existe dans le lieu où elle se trouve; et si cette chaleur se propageait dans le vide, son intensité suivrait la raison inverse du carré de la distance au point dont elle serait émanée. Concevons donc autour de l'élément $d\mu$ une sphère décrite de ce point comme centre, avec un rayon quelconque l; nous pourrons représenter par

$$\frac{b\theta t d\mu}{l^2}$$

la quantité de chaleur émanée de $d\mu$ qui traverserait une partie b de la surface de cette sphère pendant le temps t infiniment petit, abstraction faite de la portion de chaleur absorbée par l'air dans lequel ces rayons calorifiques se sont

propagés : θ désignant ici une fonction de la température relative à cet élément $d\mu$. L'absorption dépend de la longueur du trajet, de la température et de la densité du milieu ; la proportion de chaleur absorbée sera donc une fonction de l qui variera aussi, en général, avec la direction de la chaleur rayonnante. Représentant donc par φ le facteur qui exprime cette proportion dans une direction déterminée, et supposant que b soit l'aire d'une surface infiniment petite, perpendiculaire à cette direction, la quantité de chaleur émanée de $d\mu$, qui traversera b dans le temps t, sera égale à la quantité précédente multipliée par φ. Si cette surface b était inclinée sur la direction donnée, la quantité de chaleur qui la traverserait dans un temps quelconque serait la même qui aurait traversé dans le même temps sa projection sur un plan perpendiculaire à cette direction. Relativement à l'élément a de la surface terrestre, cette projection sera égale à $a \cos u$, et l'on aura $l = r$; en ayant donc égard à la faculté absorbante de cette surface, et désignant par m la fraction qui en est la mesure, on aura :

$$\frac{m \varphi \theta\, t\, a \cos u\, d\mu}{r^2}$$

pour la quantité de la chaleur absorbée par l'élément a pendant le temps t, et provenant de l'élément $d\mu$. En substituant pour $d\mu$ sa valeur et intégrant depuis $r = o$ jusqu'à la valeur de r qui répond à la limite de l'atmosphère sensible, on aura la quantité de chaleur absorbée par a, dans la direction déterminée par les angles u et v; intégrant de nouveau par rapport à ces variables, depuis $u = o$ et $v = o$ jusqu'à $u = \frac{1}{2}\pi$ et $v = 2\pi$,

on aura la totalité de la chaleur absorbée en tous sens par ce même élément. Mais pour pouvoir effectuer ces intégrations successives, il faudrait que les trois quantités β, θ et φ fussent données en fonction de r, u et v; et, dans l'état actuel de la science, leurs valeurs sont encore loin d'être connues, surtout celle de φ, qui dépend des deux autres, suivant une loi que l'expérience seule pourrait nous assigner.

En désignant par q l'intégrale triple de

$$\varphi \theta \beta \cos u \sin u \, dr \, du \, dv,$$

la chaleur absorbée par l'élément a sera égale à $mqat$; si l'on représente par $mpat$ la chaleur émise dans le même temps t par cet élément, sa perte de chaleur se trouvera exprimée par $m(p-q)at$: quantité que l'on pourra remplacer par $\gamma(y-z)at$; γ étant un coefficient dépendant de la nature de la surface de la terre à l'endroit qui répond à l'élément a; y sa température au même lieu, c'est-à-dire, la température indiquée par un thermomètre un tant soit peu enfoncé au-dessous de cette surface; et z une autre température inconnue qui dépendra de la constitution de l'atmosphère au-dessus de l'horizon de ce lieu. Il y faudra ajouter un terme de la même forme $\gamma'(y-y')at$, pour représenter la quantité de chaleur enlevée, dans le temps t, par l'air en contact avec l'élément a; y' désignant la température de ce fluide, et γ' un coefficient qui ne dépend que de sa force élastique. On devra aussi avoir égard à la portion de chaleur solaire absorbée à chaque instant par l'élément que l'on considère; si donc l'on exprime par bst la quantité de cette chaleur qui traverse dans le temps t, près de cet élément, une surface b perpendi-

culaire à la direction des rayons solaires ; par i l'angle que cette direction fait avec la verticale, de manière que $a \cos i$ soit la projection de a sur un plan perpendiculaire à cette même direction ; et par n une fraction qui indique la proportion de chaleur solaire absorbée par cet élément, laquelle fraction pourrait n'être pas la même que la fraction m relative à la chaleur rayonnante qui ne vient point du soleil : la chaleur absorbée par a dans le temps t aura pour valeur le produit $nast \cos i$. Donc enfin, la perte complète de chaleur relative à l'élément a sera exprimée par :

$$\left(\gamma(y-z)+\gamma'(y-y')-ns\cos i\right)at.$$

Lorsque, dans quelques directions, le rayon r partant de l'élément a rencontrera la surface de la terre ou quelqu'autre obstacle, comme un nuage ou un corps quelconque, qui absorbe et réfléchisse la chaleur, il faudra n'étendre l'intégrale ci-dessus indiquée par rapport à r que jusqu'à ce point de rencontre ; mais on devra en même temps ajouter à cette portion d'intégrale la chaleur émise directement et la chaleur réfléchie par l'obstacle, dans la direction de l'élément a ; et c'est de cette manière que la conformation du terrain et d'autres circonstances particulières peuvent influer sur le refroidissement de la terre, en différens points de sa surface. Mais nous n'entrerons dans aucun détail à ce sujet : nous n'avions pour but, dans ce Mémoire, que d'examiner plusieurs points de la théorie physique de la chaleur rayonnante, qui nous ont paru avoir besoin d'éclaircissement, et sur lesquels, jusqu'ici, cette théorie était restée incomplète.

SUITE

De l'Extrait, fait par M. Ampère, *de son Mémoire sur les Phénomènes électro-dynamiques.*

§ V. *Conséquences qui résultent des théorêmes démontrés dans les paragraphes précédens relativement à l'action mutuelle de deux solénoïdes, et à celle qu'un système de solénoïdes très-courts exerce, soit sur un élément de courans électriques, soit sur un autre système de petits solénoïdes analogue au premier.*

Lorsque le système de circuits fermés que nous venons de considérer est lui-même un solénoïde indéfini, la normale au plan directeur passant par le point A est, comme nous venons de le voir, la droite qui joint ce point A à l'extrémité du solénoïde; il suit de là que l'action mutuelle de deux solénoïdes indéfinis a lieu suivant la droite qui joint l'extrémité de l'un à l'extrémité de l'autre; et comme cette action est proportionnelle à D dont la valeur calculée précédemment est

$$\frac{\pi m^2}{g l^2},$$

en nommant l' la longueur de cette droite, il en résulte qu'elle est en raison inverse du carré de la distance de ces extrémités. Quand l'un des solénoïdes est défini, on peut le remplacer par deux solénoïdes indéfinis, et l'action se trouve composée de deux forces, l'une attractive, l'autre répulsive, dirigées suivant les droites

qui joignent les deux extrémités du premier à l'extrémité du second.

Enfin, dans le cas où deux solénoïdes définis $L'L''$, $R'R''$ (fig. 12) agissent l'un sur l'autre, il y a quatre forces dirigées respectivement suivant les droites $L'R'$, $L'R''$, $L''R'$, $L''R''$ qui joignent leurs extrémités deux à deux, et si, par exemple, il y a attraction suivant $L'R'$, il y aura répulsion suivant $L'R''$ et $L''R'$, et attraction suivant $L''R''$.

Pour justifier la manière dont j'ai conçu les phénomènes dont nous parlons, il fallait montrer, en partant de la formule par laquelle j'ai représenté l'action mutuelle de deux élémens de courans électriques,

1°. Qu'il y a une disposition qu'affectent ces courans avant l'aimantation, et dans laquelle ils sont sans action sur d'autres élémens de courans, quelles qu'en soient les distances et les positions relatives. Nous avons vu, au commencement du troisième paragraphe de ce Mémoire, que c'est en effet ce qui résulte de ma formule relativement à un solénoïde fermé et homogène, c'est-à-dire, dont tous les courans circulaires sont de même grandeur, de même intensité et équidistans ;

2°. Que, par une autre disposition des mêmes courans, un certain système de très-petits courans produise des forces qui ne dépendent que de la situation de deux points déterminés de ce système, et qui jouissent, relativement à ces deux points, de toutes les propriétés des forces qu'on attribue à ce qu'on appelle *des molécules de fluide austral et de fluide boréal* lorsqu'on explique, par ces deux fluides, les phénomènes que présentent les aimans, soit dans leur action mutuelle, soit dans celle

qu'ils exercent sur un fil conducteur, en sorte qu'il faut que quand deux systèmes de courans électriques ainsi disposés agissent l'un sur l'autre, il en résulte quatre forces, deux attractives et deux répulsives, dirigées suivant les droites qui joignent les deux points déterminés d'un système aux deux points déterminés de l'autre, dont l'intensité soit en raison inverse des carrés de ces droites, et que l'action d'un de ces systèmes sur un élément de courant électrique se compose de deux forces perpendiculaires aux plans passant par les deux mêmes points du système, en raison inverse des carrés des distances de ces points à l'élément, et proportionnelles aux sinus des angles que sa direction forme avec les droites qui mesurent ces distances. Tant qu'on attribue ces deux espèces de forces à des molécules d'un fluide austral et d'un fluide boréal, il est impossible, quand on n'admet pas la manière dont je conçois l'action des aimans, de ramener à un seul principe ces deux espèces de forces; mais elles se déduisent toutes deux de ma formule, comme il résulte de ce que nous venons de trouver et de ce qui a été démontré dans le troisième paragraphe, lorsqu'on substitue à l'assemblage de deux molécules, l'une de fluide austral, l'autre de fluide boréal, un solénoïde homogène et non fermé, dont les extrémités, qui sont les deux points déterminés dont dépendent les forces dont il s'agit, sont situées précisément aux mêmes points où l'on supposerait placées les molécules des deux fluides.

Il suit de là que tous les calculs, toutes les explications, fondées, tant sur la considération des forces attractives et répulsives de ces molécules en raison inverse des carrés des distances, que sur celle des forces révolutives

entre une de ces molécules et un élément de courant électrique, dont je viens de rappeler la loi telle que M. Biot l'a déduite de ses expériences, sont nécessairement les mêmes, soit qu'on adopte ma manière de concevoir les phénomènes produits par les aimans dans ces deux cas, ou l'hypothèse des deux fluides, et qu'ainsi on ne peut chercher, dans ces calculs, dans ces explications, ni objections contre ma théorie, ni preuves en sa faveur. Les preuves sur lesquelles je l'appuie résultent surtout de ce qu'elle ramène à un principe unique trois sortes d'actions que l'ensemble des phénomènes prouve être dues à une cause commune, et qui ne peuvent y être ramenées autrement. En Suède, en Allemagne, en Angleterre, on a cru pouvoir les ramener au seul fait de l'action mutuelle de deux aimans, telle que Coulomb l'avait déterminée; le fait du mouvement de rotation continue est en contradiction manifeste avec cette idée. En France, ceux qui n'ont pas adopté ma théorie sont obligés de regarder les trois genres d'action que j'ai ramenés à une loi commune, comme trois sortes de phénomènes absolument indépendans les uns des autres; on peut cependant remarquer que la loi de M. Biot, pour l'action mutuelle d'un élément de fil conducteur, et de ce qu'il appelle *une molécule magnétique*, donnerait celle qu'a établie Coulomb relativement à l'action de deux aimans, si l'on admettait qu'un de ces aimans est composé de petits courans électriques circulaires, tels que ceux que j'y conçois; mais alors comment pourrait-on ne pas admettre que l'autre est composé de même, et adopter par conséquent toute ma manière de voir?

D'ailleurs, quoique M. Biot ait nommé *force élé-*

mentaire (1) celle dont il a déterminé la valeur et la direction dans le cas où un fil conducteur agit sur un aimant, il est clair qu'on ne peut regarder comme vraiment élémentaire ni une force qui se manifeste dans l'action de deux corps, dont un seul peut présenter le fait simple, soit qu'on veuille le chercher dans l'action mutuelle de deux aimans ou de deux portions de conducteurs, ni une force qui n'agit pas suivant la droite qui joint les deux points entre lesquels elle s'exerce.

Il est aisé de conclure des plus simples considérations sur la composition des forces, que si l'on a deux systèmes agissant l'un sur l'autre et composés tous deux de points infiniment rapprochés les uns des autres, que le premier système ne contienne que des points de même nature, c'est-à-dire, qui tous attirent ou repoussent les mêmes points de l'autre système, et que les points de ce dernier soient de deux sortes, dont les uns attirent ceux du premier et les autres les repoussent, la résultante de toutes les actions exercées par ces points passera par le premier système. On peut juger, d'après cette observation, lequel d'un élément de fil conducteur ou d'une particule d'aimant se trouve dans le premier cas, et présente par conséquent la constitution la plus simple. Il est vrai que, dans toutes les expériences où l'on fait agir sur un aimant une portion de fil conducteur formant un circuit fermé, le résultat qu'on obtient pour l'action totale est le même, soit qu'on suppose que la résultante des actions élémentaires passe par l'élément de fil con-

---

(1) *Précis élémentaire de Physique*, tome II, page 122 de la seconde édition.

ducteur ou par la particule d'aimant, ainsi qu'on l'a vu à la fin du troisième paragraphe ; mais lorsqu'une partie du courant passe par l'aimant, et qu'on observe l'action du reste du circuit qui n'est plus fermé, le fait de la rotation continue de l'aimant démontre que la direction de l'action entre chaque particule de l'aimant et chaque élément du circuit passe par l'élément et non par la particule : c'est donc l'élément qui peut seul être considéré comme produisant la force simple, et celle qu'exerce la particule d'aimant est nécessairement un résultat compliqué et produit au moins par deux forces agissant en sens contraires l'une de l'autre.

C'est ainsi que toutes les manières d'expliquer l'ensemble des phénomènes dont il est ici question, qu'on a cherché à opposer à celle que j'ai proposée, se sont trouvées démenties, soit par la découverte d'un nouveau fait, celui du mouvement de rotation continue, soit par des considérations extrêmement simples.

Au reste, d'après ce qui vient d'être démontré sur ce qu'un solénoïde fermé n'exerce aucune action, et que tant qu'il est homogène d'une de ses extrémités à l'autre, celle qu'il produit ne dépend que de la situation des deux points où elles sont placées, et nullement de la forme de la courbe allant de l'une à l'autre en passant par tous les centres des courans circulaires, il suit que tout ce qu'on peut savoir sur la position des courans électriques d'un aimant, c'est qu'ils formaient, avant l'aimantation, des solénoïdes homogènes et fermés, et qu'après l'aimantation ils forment des solénoïdes dont les extrémités sont placées précisément où devraient l'être les molécules de fluide austral et de fluide boréal pour représenter les mêmes

phénomènes, dans l'hypothèse des deux fluides. On peut aussi supposer que, dans ce dernier cas, ils forment des solénoïdes hétérogènes, c'est-à-dire, dont les courans circulaires cessent d'être équidistans ; ce qui fait varier d'un de leurs points à l'autre l'intensité de leur action ; car un tel solénoïde, fermé ou non fermé, peut être regardé comme un assemblage de solénoïdes homogènes, dont l'un a pour intensité, à tous ses points, celle qu'a le solénoïde hétérogène au point où il en a le moins, et dont les autres l'envelopperaient successivement avec des intensités égales aux différences d'intensité des divers points de ce dernier. Chacun de ces solénoïdes homogènes produisant deux forces émanant de ses deux extrémités, leur ensemble, c'est-à-dire, le solénoïde hétérogène, agirait encore nécessairement comme des molécules de fluide austral et de fluide boréal situées aux mêmes points que ces extrémités.

Parmi les différentes manières dont on peut se représenter la disposition des courans électriques circulaires autour des particules des métaux susceptibles d'aimantation, soit avant de l'acquérir, soit après avoir été aimantés, une des plus simples consiste à considérer chaque particule comme une petite pile de Volta dont les courans, entrant par une extrémité de la particule et sortant par l'extrémité opposée, reviennent, à travers l'espace environnant, à la première de ces deux extrémités, et forment ainsi un solénoïde fermé, qui, d'après ce qui précède, ne peut exercer aucune action tant que tous ces courans sont de même intensité et équidistans, comme ils doivent l'être nécessairement avant l'aimantation de la particule.

Lorsqu'un fil conducteur ou un barreau aimanté vient à agir sur ces courans, ils doivent être déplacés et s'accumuler en plus grand nombre sur le côté de la particule vers lequel ils sont portés par cette acti. .1; alors on peut considérer le solénoïde hétérogène qui en résulte comme un assemblage de solénoïdes homogènes partiels, dont l'un soit fermé et ait pour intensité celle du solénoïde hétérogène au point où il en a le moins, et dont les autres ne soient pas fermés; ces derniers agissent alors en produisant chacun deux forces qu'on peut considérer comme émanant de leurs extrémités, et qui sont identiques, dans tous les cas, à celles qu'on attribue aux molécules de fluide austral et de fluide boréal.

Mais ce qu'il faut surtout remarquer, c'est que ces points doivent nécessairement se disposer dans chaque particule, lors de l'aimantation par l'action, soit d'un fil conducteur, soit d'un aimant, de manière qu'en réunissant à un point quelconque de l'intérieur de ce corps les actions exercées sur les courans de la particule qui y est située, tant par le fil conducteur ou l'aimant qui agit du dehors, que par les courans des autres particules du même corps, on trouve que la résultante de ces actions est nulle, puisque, tant qu'elle ne l'est pas, elle doit tendre à changer la situation des courans de la particule que l'on considère, et à distribuer par conséquent autrement les points dont nous parlons. Ce principe, semblable à celui sur lequel M. Poisson a établi sa belle théorie de la distribution de l'électricité, est encore celui qu'il applique à l'hypothèse de Coulomb sur les deux fluides magnétiques, dans son Mémoire sur la ma-

cette force tantôt attractive, tantôt répulsive, qui émane des conducteurs voltaïques, c'est que, quoiqu'en remontant jusqu'à l'action simple de deux élémens, on trouve qu'elle agit, comme toutes les forces auparavant reconnues dans la nature, suivant la droite qui joint les milieux de ces élémens, on trouve en même temps qu'elle n'est pas, comme le sont les autres, proportionnelle à une simple fonction de la distance; il s'agit ici de la conséquence nécessaire et immédiate d'un théorème rigoureusement démontré, comparé à un fait incontestable. En vertu de ce théorême, tant que les forces élémentaires ne dépendent que des distances des points matériels entre lesquels elles s'exercent, qu'une partie de ces points invariablement liés entre eux ne se meuvent qu'en vertu de ces forces, les autres restant fixes, les premiers ne peuvent revenir à la même situation, tant entre eux qu'à l'égard des seconds, avec des vitesses plus grandes que celles qu'ils avaient quand ils sont partis de cette même situation : or, dans le mouvement de rotation continue imprimé à un conducteur mobile par l'action d'un conducteur fixe, tous les points du premier reviennent à la même situation avec des vitesses qui deviennent de plus en plus grandes à chaque révolution, jusqu'à ce que les frottemens et la résistance de l'eau acidulée où plonge la couronne du conducteur mobile mettent un terme à l'augmentation de la vitesse de rotation de ce conducteur: elle devient alors constante malgré ces frottemens et cette résistance.

Rien ne manque donc à la démonstration complète qu'il existe dans la nature inorganique, entre les portions infiniment petites des fils conducteurs de l'appareil

voltaïque, une force élémentaire qui n'est pas fonction de la seule distance des particules entre lesquelles elle s'exerce, et il faut nécessairement admettre, pour que le mouvement qu'on observe soit possible, ou que cette force n'est pas la même à différentes époques du mouvement, c'est-à-dire qu'elle dépend du temps, comme dans la rotation continue que M. Zamboni a produite avec des piles sèches, ou que la même force dépend des directions suivant lesquelles ont lieu, dans les deux particules, les combinaisons ou séparations des deux fluides électriques dont cette force émane, comme j'ai trouvé qu'elle en dépend en effet; car, d'après ma formule, sa valeur contient la seconde différentielle de la racine carrée de la distance des deux particules prises alternativement par rapport aux deux arcs de courans électriques dont cette distance est une fonction, et la seconde différentielle dépend elle-même de ces directions; la valeur donnée par ma formule est d'ailleurs une des plus simples de celles qui satisfont à la condition dont il est ici question; elle est en effet simplement exprimée par cette différentielle, multipliée par un coefficient constant, et divisée par la même racine carrée de la distance (1).

Les époques où l'on a ramené à un principe unique des phénomènes considérés auparavant comme dus à des causes absolument différentes, ont été presque toujours accompagnées de la découverte d'un grand nombre de nouveaux faits, parce qu'une nouvelle manière de con-

(1) *Recueil d'Observations électro-dynamiques*, pag. 255 et 355.

cevoir les causes suggère une multitude d'expériences à tenter, d'explications à vérifier; c'est ainsi que la démonstration donnée par Volta de l'identité du galvanisme et de l'électricité a été accompagnée de la construction de la pile, et suivie de toutes les découvertes qu'a enfantées cet admirable instrument. A en juger par les résultats si inattendus des travaux de M. Becquerel sur l'influence de l'électricité dans les combinaisons chimiques, et de ceux de MM. Prévost et Dumas sur les causes des contractions musculaires, on peut espérer que tant de faits nouveaux découverts depuis quatre ans, et leur réduction à un principe unique, aux lois des forces attractives et répulsives observées entre les conducteurs des courans électriques, seront aussi suivis d'une foule d'autres résultats qui établiront entre la physique d'une part, la chimie et même la physiologie de l'autre, la liaison dont on sentait le besoin sans pouvoir se flatter de parvenir de long-temps à la réaliser.

INSTRUCTION *sur les Paratonnerres*,

Adoptée par l'Académie royale des Sciences le 23 avril 1823, et rédigée par une Commission composée de MM. POISSON, LEFÈVRE-GINEAU, GIRARD, DULONG, FRESNEL, et GAY-LUSSAC, Rapporteur.

LES accidens causés, l'année dernière, par la chute de la foudre sur plusieurs églises ayant déterminé Son Excellence le Ministre de l'Intérieur à réaliser le projet, conçu depuis long-temps, de garnir ces édifices de para-

tonnerres, elle a invité l'Académie royale des Sciences à rédiger une Instruction dont le but principal doit être de diriger les ouvriers dans la construction et la pose des paratonnerres. La Section de Physique a été chargée par l'Académie du soin de faire cette Instruction, et aujourd'hui elle vient la soumettre à son approbation.

En cherchant autant qu'il était en nous à répondre aux vues de Son Excellence, nous avons cru devoir rappeler succinctement les principes sur lesquels est fondée la construction des paratonnerres, tant pour éclairer ceux qui seront appelés à la surveiller, que parce qu'ils ne sont pas assez connus, et qu'il est utile de les répandre. L'instruction renfermera donc deux parties, l'une théorique et l'autre pratique, mais qui seront distinctes l'une de l'autre, et qu'on pourra consulter séparément.

PARTIE THÉORIQUE.

Principes relatifs à l'action de la foudre ou de la matière électrique, et à celle des paratonnerres.

Ce qu'on appelle *la foudre* est l'écoulement subit à travers l'air, sous la forme d'un grand trait lumineux, de la matière électrique dont était chargé un nuage orageux.

La vitesse de la matière électrique en mouvement est immense; elle surpasse de beaucoup celle d'un boulet au sortir du canon, qu'on sait être d'environ 600 mètres (1,800 pieds) par seconde.

La matière électrique pénètre les corps, et s'y meut à

travers leur propre substance, mais avec une rapidité très-inégale.

On donne le nom de *conducteurs* aux corps qui conduisent ou laissent passer rapidement la matière électrique dans leur intérieur, à travers leurs particules : tels sont le charbon calciné, l'eau, les végétaux, les animaux, la terre, en raison de l'humidité dont elle est imprégnée, les dissolutions salines, et surtout les métaux, qui sont en cela très-supérieurs aux autres corps. Un cylindre de fer, par exemple, conduit, dans le même temps, au moins cent millions de fois plus de matière électrique qu'un égal cylindre d'eau pure; et celle-ci environ mille fois moins que l'eau saturée de sel marin.

Les corps qui ne laissent pénétrer que difficilement la matière électrique entre leurs particules, et dans lesquels elle ne peut se mouvoir avec liberté, sont désignés par le nom de *non-conducteurs* ou de *corps isolans* : tels sont le verre, le soufre, les résines, les huiles; la terre, la pierre et la brique sèches; l'air et les fluides aériformes.

Parmi les corps conducteurs, il n'en est cependant aucun qui n'oppose quelque résistance au mouvement de la matière électrique. Cette résistance, se répétant dans chaque portion du conducteur, augmente avec sa longueur, et peut devenir plus grande que celle qu'opposerait un conducteur plus mauvais, mais d'une longueur moindre.

La matière électrique éprouve aussi plus de résistance dans un conducteur d'un petit diamètre que dans le même d'un diamètre plus considérable : on peut par conséquent suppléer à l'imperfection de la conductibilité dans les conducteurs, en augmentant convenablement

leur diamètre et diminuant leur longueur. Le meilleur conducteur pour la matière électrique est celui qui, en somme, lui offre le moins de résistance, et qu'elle parcourt avec la plus grande vitesse.

Les molécules de la matière électrique sont douées d'une force répulsive en vertu de laquelle elles tendent à se fuir et à se répandre dans l'espace. Elles n'ont aucune affinité pour les corps; elles se portent en totalité vers leur surface, où elles forment une couche très-mince, terminée en dehors par la surface même des corps, et n'y sont retenues que par la pression de l'air, contre lequel, à leur tour, elles exercent une pression proportionnelle, en chaque point, au carré de leur nombre. Lorsque cette dernière pression est devenue supérieure à la première, la matière électrique s'échappe dans l'air en un torrent invisible, ou sous la forme d'un trait lumineux que l'on désigne par le nom d'*étincelle électrique.*

La couche formée par la matière électrique au-dessous de la surface d'un conducteur ne renferme pas le même nombre de molécules, ou n'a pas la même densité, en chaque point de cette surface, si ce n'est sur la sphère : sur un ellipsoïde de révolution, cette densité est plus grande à l'extrémité du grand axe que sur l'équateur, dans le rapport du grand axe au petit; à la pointe d'un cône, elle est infinie. En général, sur un corps de forme quelconque, la densité de la matière électrique, et par conséquent sa pression sur l'air, sont plus grandes sur les parties aiguës ou très-courbes que sur celles qui sont aplaties ou peu arrondies.

La matière électrique tend toujours à se répandre

dans les conducteurs et à s'y mettre en équilibre ; elle se partage entre eux en raison de leur forme et principalement de l'étendue de leur surface. Il en résulte que, si l'on fait communiquer un corps qui en soit chargé avec la surface immense de la terre, il n'en conservera pas sensiblement. Il suffit donc, pour dépouiller un conducteur de sa matière électrique, de le mettre en communication avec un sol humide.

Si, pour conduire la matière électrique d'un corps dans la terre, on lui présente divers conducteurs dont l'un soit beaucoup plus parfait que les autres, elle le préférera constamment ; mais s'ils ne sont pas très-différens, elle se partagera entre tous, en raison de leur capacité pour la recevoir.

Un paratonnerre est un conducteur que la matière électrique de la foudre choisit de préférence aux corps environnans pour se rendre dans le sol et s'y répandre ; c'est ordinairement une barre de fer élevée sur les édifices qu'elle doit protéger, et s'enfonçant, sans aucune solution de continuité, jusque dans l'eau ou dans la terre humide. Une communication aussi intime du paratonnerre avec le sol est nécessaire pour qu'il puisse y verser instantanément la matière électrique de la foudre, à mesure qu'il la reçoit, et garantir de ses atteintes les objets environnans. On sait, en effet, que la foudre parvenue à la surface de la terre n'y trouve point un conducteur suffisant, et qu'elle s'enfonce au-dessous jusqu'à ce qu'elle ait rencontré un assez grand nombre de canaux pour s'écouler complètement. Quelquefois même elle laisse des traces visibles de son passage à plus de 10 mètres (30 pieds) de profondeur. Aussi arrive-t-il,

lorsqu'un paratonnerre offre quelque solution de continuité, ou qu'il n'est pas en parfaite communication avec un sol humide, que la foudre, après l'avoir frappé, l'abandonne pour se porter sur quelque corps voisin, ou au moins qu'elle se partage entre eux, pour s'écouler plus rapidement dans le sol.

La première circonstance s'est présentée, il y a quelques années, dans les environs de Paris. Il s'était opéré par accident, dans le conducteur du paratonnerre d'une maison, une séparation d'environ 55 centimètres (20 pouces), et la foudre, après être tombée sur sa tige, perça le toit pour se porter sur une gouttière en fer-blanc.

MM. Rittenhouse et Hopkinson, dans le quatrième volume des *Transactions philosophiques américaines*, rapportent un exemple remarquable de la deuxième circonstance, ou de l'inconvénient qu'il y a à ne pas établir une communication parfaite entre le paratonnerre et le sol. La foudre avait frappé le paratonnerre, puisqu'elle avait fondu profondément sa pointe, et qu'il était évident, d'après l'inspection du terrain, qu'une portion avait pénétré dans le sol par le conducteur; mais l'autre portion, n'ayant pu s'écouler assez promptement par la même voie, ravagea le toit pour se porter de la tige du paratonnerre sur une gouttière en cuivre dont elle suivit la conduite, qui était alors pleine d'eau, et lui offrait par conséquent un écoulement facile sur la surface du sol.

Avant que la foudre éclate, le nuage orageux, par son influence, fait sortir tous les corps placés au-dessous de lui, à la surface de la terre, de leur état naturel : il attire vers leur partie antérieure la matière électrique de

nature contraire à la sienne, et repousse dans le sol celle de même nature. Chaque corps est ainsi dans un état d'intumescence électrique, et devient à son tour un centre d'attraction vers lequel la foudre tend à se porter; c'est celui par lequel passe la résultante de ces attractions particulières qu'elle frappe lorsqu'elle tombe.

Or, pour que la matière électrique développée sur un corps par l'influence de celle du nuage orageux parvienne rapidement à son *maximum*, et par conséquent aussi sa force attractive, il est indispensable qu'il soit bon conducteur et en parfaite communication avec un sol humide.

La matière électrique développée dans les corps à la surface de la terre par l'influence du nuage orageux s'y accumule peu à peu, à mesure que le nuage s'approche de leur zénith, et diminue de même à mesure qu'il s'en éloigne. Un homme, supposé l'un de ces corps, n'éprouverait aucune sensation particulière de cette variation progressive de matière électrique, quoique pouvant être fortement électrisé; mais si le nuage se déchargeait instantanément, il pourrait recevoir, sans être frappé de la foudre, par la rentrée subite de sa matière électrique dans le sol, une très-vive commotion qui pourrait être assez forte pour le faire périr.

Dans le moment où un objet est prêt à être frappé de la foudre, il est si fortement électrisé par l'influence du nuage orageux, s'il est en parfaite communication avec un sol humide, que sa matière électrique peut s'élancer au-devant de celle du nuage et faire une partie du chemin entre le nuage et l'objet. C'est sans doute ce qui a fait penser à quelques personnes, qui croient en avoir fait l'observation, que la foudre, au lieu de tomber des

cieux sur la terre, s'élève quelquefois de la terre dans les cieux. Quoi qu'il en soit de cette opinion, qui ne vaut pas d'ailleurs la peine d'être discutée, la théorie et l'efficacité des paratonnerres resteraient absolument les mêmes dans chaque cas.

Dans un paratonnerre en parfaite communication avec le sol, et terminé en une pointe très-aiguë, au lieu d'être arrondi, la matière électrique peut s'accumuler tellement à sa pointe, sous l'influence du nuage orageux, qu'elle ne puisse plus y être retenue par la pression de l'air, et qu'elle s'en échappe en un torrent continu, qui quelquefois devient sensible dans l'obscurité par une aigrette lumineuse à l'extrémité de la pointe, et qui doit certainement neutraliser en partie la matière électrique du nuage orageux (1).

Cependant l'attraction exercée sur la matière électrique du nuage par celle qui est répandue sur le paratonnerre terminé en pointe ne sera pas plus grande que s'il était arrondi à son extrémité, elle sera même plutôt plus petite; mais si l'écoulement de la matière électrique par la pointe peut devenir très-rapide, la foudre éclatera plus tôt entre le nuage orageux et le paratonnerre, et

---

(1) Ces feux électriques se manifestent aussi sur d'autres corps que des paratonnerres. Ils paraissent plus fréquens en mer, sur les bâtimens, que sur terre, et y sont connus sous les noms de *feux Saint-Elme, Castor et Pollux*, etc. Pendant de très-fortes tempêtes, on en a vu quelquefois à l'une des extrémités de la grande vergue, sous la forme d'une langue de feu qui pétillait beaucoup et qui faisait entendre de temps en temps des éclats comme des pétards.

d'une plus grande distance, que si celui-ci était arrondi à son extrémité : c'est au moins à cette conclusion que conduisent les expériences électriques.

Ainsi la forme la plus avantageuse à donner aux paratonnerres paraît être évidemment celle d'un cône très-aigu.

Toutes choses égales d'ailleurs, plus un paratonnerre s'élèvera dans l'air, plus son efficacité sera grande.

Dans les fameuses expériences de Romas, assesseur au présidial de Nérac, et dans les expériences plus récentes de Charles, qui consistaient à élever un cerf-volant sous un nuage orageux, à la hauteur de deux à trois cents mètres, la corde du cerf-volant, dans laquelle était entrelacé un fil métallique, et qui était terminée par un cordon de soie, amenait à la surface de la terre un courant électrique si considérable qu'il en était effrayant, et qu'il eût été imprudent de s'y exposer (1) : or, l'action

---

(1) L'expérience de Romas est si curieuse et si importante pour montrer l'efficacité des paratonnerres, que nous croyons utile de la rapporter.

« Le cerf-volant avait sept pieds et demi de hauteur et trois de largeur. La corde était une ficelle de chanvre dans laquelle était entrelacé un fil de fer, et M. de Romas l'ayant terminée par un cordon de soie sec, il mit l'observateur, par une disposition particulière de son appareil, en état de faire toutes les expériences qu'il jugea à propos, sans courir aucun danger pour sa personne.

» Au moyen de ce cerf-volant, le 7 juin 1753, vers une heure après midi, après qu'il l'eut élevé à cinq cent cinquante pieds de terre au moyen d'une corde de sept cent quatre-vingts

d'un paratonnerre sur la matière électrique d'un nuage orageux étant la même, à l'énergie près, que celle d'un cerf-volant, plus il s'élèvera dans l'air, plus son efficacité sera grande, non seulement pour défendre de la

---

pieds de long, qui faisait un angle de près de quarante-cinq degrés avec l'horizon, il tira de son conducteur des étincelles de trois pouces de longueur et trois lignes d'épaisseur, dont le craquement se fit entendre de près de deux cents pas. En tirant ces étincelles, il sentit comme une espèce de toile d'araignée sur son visage, quoiqu'il fût à plus de trois pieds de la corde du cerf-volant; sur quoi il ne crut pas qu'il y eût de la sûreté pour lui de rester si proche, et il cria à tous les assistans de se retirer, et lui-même s'éloigna d'environ deux pieds.

» Se croyant alors en sûreté et n'ayant plus personne auprès de lui, il porta son attention sur ce qui se passait dans les nuages qui étaient immédiatement au-dessus du cerf-volant; mais il n'aperçut d'éclair ni là, ni nulle autre part, ni même le moindre bruit de tonnerre, et il ne tomba point du tout de pluie. Le vent, qui venait de l'ouest et était assez fort, éleva le cerf-volant de cent pieds au moins plus haut qu'auparavant.

» Ensuite, jetant les yeux sur le tube de fer-blanc qui était attaché à la corde du cerf-volant, et à environ trois pieds de terre, il vit trois pailles, dont une avait près d'un pied de longueur, la seconde quatre à cinq pouces, et la troisième trois ou quatre pouces, se lever toutes droites, et former une danse circulaire comme des marionnettes sous le tube de fer-blanc et sans se toucher l'une l'autre. Ce petit spectacle, qui réjouit beaucoup plusieurs personnes de la compagnie, dura près d'un quart d'heure; après quoi, quelques gouttes de

foudre les objets environnans, mais encore pour soutirer la matière électrique du nuage orageux et le paralyser.

La distance à laquelle un paratonnerre étend efficacement sa sphère d'action n'est pas connue exactement, et dépend d'ailleurs de beaucoup de circonstances qu'il

---

pluie étant tombées, il sentit encore la toile d'araignée sur son visage, et en même temps il entendit un bruit continu, semblable à celui d'un petit soufflet de forge. Ce fut un nouvel avertissement de l'accroissement de l'électricité, et dès le premier instant que M. de Romas aperçut sauter la paille, il n'osa plus tirer aucune étincelle, même avec toutes ses précautions, et il pria de nouveau les spectateurs de s'éloigner encore davantage.

» Immédiatement après arriva la dernière scène, et M. de Romas avoua qu'elle le fit trembler. La plus longue paille fut attirée par le tube de fer-blanc. Sur quoi il se fit trois explosions dont le bruit ressemblait fort à celui du tonnerre. Quelqu'un de la compagnie le compara à l'explosion des fusées volantes, et d'autres au bruit que ferait une grande jarre de terre en se brisant contre un pavé. Il est certain qu'on l'entendit du milieu de la ville, malgré les différens bruits qui s'y faisaient.

» Le feu qu'on aperçut à l'instant de l'explosion avait la figure d'un fuseau de huit pouces de long et cinq lignes de diamètre; mais la circonstance la plus étonnante et la plus amusante fut que la paille qui avait occasioné l'explosion suivit la corde du cerf-volant. Quelqu'un de la compagnie la vit, à quarante-cinq ou cinquante brasses de distance, attirée et repoussée alternativement, avec cette circonstance remarquable, qu'à chaque fois qu'elle était attirée par la corde, on voyait des éclats de feu, et on entendait des craquemens qui

serait difficile d'apprécier ; mais, depuis qu'on en a armé des édifices, plusieurs observations ont appris que des parties de ces édifices qui se sont trouvées à une distance de la tige du paratonnerre de plus de trois à quatre fois sa longueur ont été foudroyées. On estime, et c'était

---

n'étaient cependant pas si éclatans que dans le moment de la première explosion.

» Il faut remarquer que, depuis le temps de l'explosion jusqu'à la fin des expériences, on ne vit point du tout d'éclair, et à peine entendit-on du tonnerre. On sentit une odeur de soufre fort approchante de celle des écoulemens électriques lumineux qui sortent du bout d'une barre de métal électrisée. Il parut autour de la corde un cylindre lumineux de trois à quatre pouces de diamètre ; et comme c'était pendant le jour, M. de Romas ne douta pas que, si c'eût été pendant la nuit, cette atmosphère électrique n'eût paru de quatre à cinq pieds de diamètre. Enfin, après que les expériences furent terminées, on découvrit un trou dans le terrain, précisément sous le tuyau de fer-blanc, d'une grande profondeur et d'un demi-pouce de largeur, qui probablement fut fait par les grands éclats qui accompagnèrent les explosions.

» Ces expériences remarquables finirent par la chute du cerf-volant, attendu que le vent passa tout d'un coup à l'est, et qu'il survint une pluie très-abondante mêlée de grêle. Lorsque le cerf-volant tomba, la corde s'accrocha sur un auvent, et elle ne fut pas sitôt dégagée, que celui qui la tenait éprouva un tel coup à ses mains et une telle commotion dans tout son corps, qu'il fut obligé de la lâcher, et la corde tombant sur les pieds de quelques autres personnes, leur donna aussi un coup, mais bien plus supportable.

» La quantité de matière électrique que ce cerf-volant tira

l'opinion de Charles, qui s'était beaucoup occupé de cet objet, qu'un paratonnerre peut défendre efficacement autour de lui des atteintes de la foudre un espace circulaire d'un rayon double de sa hauteur; c'est d'après cette règle qu'on dispose les paratonnerres sur les édifices.

Lorsque la matière électrique se porte d'un corps sur un autre, en passant par un conducteur suffisant, elle

---

une autre fois des nuées est réellement étonnante. Le 28 août 1756, on en vit sortir des courans de feu d'un pouce d'épaisseur et de dix pieds de longueur. Cet éclat surprenant, qui aurait peut-être produit des effets aussi pernicieux qu'aucun dont il soit fait mention dans l'histoire, fut conduit avec sécurité, par la corde du cerf-volant, à un conducteur placé tout auprès, et le bruit en fut égal à celui d'un pistolet. » (*Histoire de l'Électricité*, par Priestley, tome II, page 205, traduction française.)

Charles, qui a fait des expériences semblables à celles de Romas, mais en bien plus grand nombre, a obtenu quelquefois des effets plus extraordinaires encore, et il ne doutait pas, comme il le disait, qu'il n'eût désarmé le nuage orageux.

On ne peut douter, d'après ces observations, que des paratonnerres placés sur des tours très-élevées, comme celle de Strasbourg, qui a quatre cent trente-sept pieds de hauteur, ne soutirassent une grande quantité de matière électrique des nuages orageux, et ne prévinssent même la chute du tonnerre. Il est même permis de croire que si de semblables paratonnerres étaient très-multipliés sur la surface entière de la France, ils ne prévinssent aussi la formation de la grêle, qui, d'après les observations de Volta, paraît être un véritable phénomène électrique.

ne manifeste son passage par aucun signe apparent ; mais lorsqu'elle traverse l'air ou tout autre corps non conducteur, elle sépare ses parties et le déchire : elle apparaît alors comme un trait lumineux, et fait entendre un bruit plus ou moins considérable. Le vide qu'elle forme en écartant l'air ne se fermant pas avec une vitesse aussi grande que celle avec laquelle la matière électrique se meut, celle-ci a le temps d'abandonner les parties les plus éloignées des conducteurs pour venir se précipiter dans ce vide, qui est lui-même un conducteur, et de s'échapper. C'est par cette raison qu'un conducteur se décharge aussi bien à travers l'air, quand il y a étincelle, que par le contact instantané d'un conducteur en communication avec le sol.

Un courant de matière électrique, lumineux ou non, est toujours accompagné de chaleur, dont l'intensité dépend de celle du courant. Cette chaleur est suffisante pour rougir, fondre ou disperser un fil métallique convenablement mince ; mais elle élève à peine la température d'une barre métallique, à cause de sa trop grande masse. C'est par la chaleur propre à un courant de matière électrique, et aussi par celle qui se dégage de l'air refoulé par la foudre, que celle-ci met si souvent le feu aux édifices.

On n'a pas encore d'exemple que la foudre ait fondu ou même fait rougir une barre de fer de 13 à 14 millimètres (6 lignes en carré), ou un cylindre de ce diamètre (1). Il suffirait donc, pour construire un para-

(1) Nous avons vu plusieurs tiges de paratonnerres qui avaient été foudroyées, et dont l'extrémité était fondue jus-

tonnerre, de prendre une barre de fer qui aurait ces dimensions; mais sa tige, devant s'élever dans l'air à une hauteur de 5 à 10 mètres (15 à 30 pieds), n'aurait pas à sa base une force suffisante pour résister à l'action du vent, et il est nécessaire de lui donner en cet endroit une épaisseur beaucoup plus considérable.

Quant au conducteur du paratonnerre, une barre de

---

qu'à une épaisseur de 3 à 4 millimètres (1,3 à 1,8 lig.). Cependant la fusion peut pénétrer beaucoup plus avant, et Franklin, dans une lettre à Landriani, en cite un exemple d'autant plus remarquable, qu'il s'est présenté dans sa maison même.

« Je trouve, dit Franklin, à mon retour à Philadelphie, que le nombre des conducteurs y est fort augmenté, l'utilité en ayant été démontrée par plusieurs épreuves de leur efficacité à préserver les bâtimens de la foudre. Entre autres exemples, ma maison fut un jour frappée d'un violent coup de tonnerre. Les voisins, s'en étant aperçus, accoururent sur-le-champ pour y porter du secours, en cas que le feu y eût pris; mais il n'y avait eu aucun dommage, et ils trouvèrent seulement la famille fort effrayée de la violence de la commotion.

» En faisant, l'année dernière, quelque augmentation au bâtiment, on fut obligé d'enlever le conducteur. J'ai trouvé, en l'examinant, que la pointe de cuivre, qui avait, quand on l'a placée, neuf pouces de long et environ un tiers de pouce de diamètre dans sa partie la plus épaisse, avait été presque entièrement fondue, et qu'il en était resté fort peu attaché à la verge de fer, de sorte qu'avec le temps l'invention a été de quelque utilité à l'inventeur, et a ajouté un avantage au plaisir d'avoir été utile aux autres. »

fer de 16 à 20 millimètres (7 à 9 lignes) en carré est suffisante. On pourrait même le faire plus petit et se servir d'un simple fil métallique, pourvu qu'arrivé à la surface du sol, on le réunît à une barre métallique de 10 à 13 millimètres (5 à 6 lignes) en carré, qui s'enfonçât dans l'eau ou dans une couche humide. Le fil, à la vérité, serait sûrement dispersé par la foudre; mais il lui aurait tracé sa direction jusque dans le sol et l'aurait empêchée de se porter sur les corps environnans. Au reste, il sera toujours préférable de donner au conducteur une grosseur suffisante pour que la foudre ne puisse jamais le détruire, et nous ne proposons de le réduire à un fil de métal que pour diminuer les frais de construction des paratonnerres et les mettre à portée de toutes les fortunes.

Le bruit que la foudre fait entendre cause ordinairement beaucoup d'effroi, et cependant tout danger est déjà passé : il n'en existe même plus pour une personne qui a vu l'éclair; car, si elle devait être foudroyée, elle ne verrait ni n'entendrait le coup qui serait prêt à la frapper. Le bruit ne vient jamais qu'après l'éclair, et il s'écoule autant de secondes entre l'apparition de l'éclair et le bruit qui le suit, qu'il y a de fois 340 mètres (174,5 toises) entre le lieu où l'on est et celui où la foudre a éclaté.

La foudre tombe souvent sur les arbres isolés, parce que ceux-ci, s'élevant à une grande hauteur et enfonçant profondément leurs racines dans le sol, sont de véritables paratonnerres; mais leur abri est souvent fatal aux personnes qui le cherchent. Ils n'offrent pas, en effet, à la foudre un écoulement assez prompt dans le

sol, et ils sont plus mauvais conducteurs que l'homme et les animaux (1). La foudre, parvenue à leur pied, se partage entre les conducteurs qu'elle rencontre, ou en évite quelques-uns, suivant qu'elle est pressée dans son écoulement; et on l'a vue souvent faire périr tous les animaux réfugiés sous un arbre, et d'autres fois en frapper seulement un seul. L'eau est aussi un plus mauvais conducteur que les animaux, sans doute en raison des sels que renferment leurs liquides, et l'on peut foudroyer et faire périr des animaux qui y seraient entièrement plongés.

Un paratonnerre, pourvu qu'il soit en parfaite communication avec le sol, offre au contraire un abri très-sûr contre la foudre; car celle-ci ne l'abandonnera jamais pour se porter sur un homme placé au pied : cependant, dans la crainte de quelque solution de continuité ou d'une communication imparfaite avec un sol humide, il sera très-prudent de s'en écarter.

Dans les campagnes, et souvent même dans les villes, on sonne les cloches aux approches d'un orage, pour l'écarter, et fendre, dit-on, la nuée orageuse; on cherche aussi un abri contre la foudre dans les églises et dans les clochers; mais cette habitude, comme le prouve l'expé-

---

(1) La preuve que la foudre ne trouve pas dans les arbres un écoulement suffisant dans le sol, c'est qu'elle les brise ou les déchire presque toujours; ce qui n'arriverait pas s'ils étaient meilleurs conducteurs. Elle se glisse ordinairement entre l'écorce et l'aubier, parce que c'est là que se trouve le plus d'humidité et qu'elle rencontre en même temps moins de résistance.

rience, a souvent les suites les plus funestes. Il est certain, en effet, que le tonnerre tombe fréquemment aussi bien sur les clochers où l'on sonne que sur ceux où l'on ne sonne pas (1); et, dans le premier cas, les sonneurs sont en danger d'être foudroyés, à cause des cordes qu'ils tiennent dans leurs mains, et qui peuvent conduire la foudre jusqu'à eux. Les églises n'offrent pas un abri beaucoup plus sûr que les clochers, soit parce que ceux-ci, après avoir attiré la foudre sur eux, en raison de leur élévation, sans pouvoir toujours la conduire dans le sol, laissent les églises exposées à son action, soit parce que des individus rassemblés forment un grand conducteur sur lequel la foudre se jette de préférence aux objets environnans. La prudence commande donc, tant que les clochers et les églises ne seront pas armés de paratonnerres, de ne point s'y rassembler pendant un orage; et pour citer une preuve frappante du danger qu'il y a à le faire, nous renvoyons le lecteur à la relation des malheurs arrivés à Châteauneuf-les-Moustiers, le 11 juillet 1819,

---

(1) Il paraîtrait même que la foudre tombe plus fréquemment sur les clochers où l'on sonne que sur ceux où l'on ne sonne pas. En 1718, M. Deslandes fit savoir à l'Académie royale des Sciences que, la nuit du 14 au 15 avril de la même année, le tonnerre était tombé sur vingt-quatre églises, depuis Landerneau jusqu'à Saint-Pol-de-Léon, en Bretagne; que ces églises étaient précisément celles où l'on sonnait, et que la foudre avait épargné celles où l'on ne sonnait pas; que, dans celle de Gouesnon, qui fut entièrement ruinée, le tonnerre tua deux personnes des quatre qui sonnaient. (*Histoire de l'Académie royale des Sciences*, 1719.)

par l'effet du tonnerre, telle qu'elle a été communiquée à l'Académie royale des Sciences par M. Trencalye, vicaire-général de Digne. Cette relation est imprimée dans les *Annales*, tome XII, page 354.

On sait que lorsque la foudre tombe sur un bâtiment, elle se porte de préférence sur les tuyaux de cheminée, soit parce qu'ils en sont ordinairement les parties les plus élevées, soit parce qu'ils sont tapissés de suie, qui est un meilleur conducteur que le bois sec, la pierre ou la brique. Le voisinage d'une cheminée est par conséquent l'endroit le moins sûr, dans un appartement, contre les atteintes de la foudre; il est préférable de se tenir dans une encognure opposée aux croisées, loin des ferremens de toute espèce un peu considérables.

Les effets de la foudre sont des plus variés et des plus bizarres en apparence; mais néanmoins ils s'expliquent tous facilement par quelques faits généraux qu'il sera utile de rassembler ici.

La foudre ou, ce qui est la même chose, la matière électrique, en vertu de la répulsion de ses molécules, est douée d'une force mécanique qui peut lui faire vaincre la pression de l'air ou des liquides, et fendre ou briser les corps solides non conducteurs.

La foudre choisit toujours le meilleur conducteur. Si elle y trouve un écoulement facile, comme, par exemple, dans une barre métallique, elle ne fera éprouver au conducteur aucune altération sensible. Si le conducteur, tel qu'un fil métallique, n'a pas une capacité suffisante, elle le dissipe en vapeurs, éclate dans l'air, et se crée un vide qu'elle parcourt avec facilité. Si le corps frappé par la foudre n'est pas conducteur, ou ne l'est qu'imparfai-

tement, ou si enfin il oppose une résistance convenable à la séparation de ses parties, la foudre éclatera entre l'air et la surface de ce corps, qu'elle blessera plus ou moins profondément le long de son trajet. On voit ainsi souvent des individus foudroyés sans être tués, parce que la foudre glisse sur leur corps sans y pénétrer en totalité, et on en voit d'autres qui sont entièrement défendus de ses atteintes par un vêtement de soie, qui l'isole de leur corps et l'empêche d'y pénétrer.

Quand la foudre éclate de l'air sur un métal, et réciproquement d'un métal dans l'air, elle détermine souvent la fusion du métal dans l'endroit par où elle y entre, et dans celui par lequel elle en sort, parce que, ramassée par l'air qui la presse, son action en devient plus énergique. C'est par cette raison qu'on observe quelquefois des traces de fusion sur les angles, les arêtes et même les faces d'un gros conducteur métallique, dans les endroits où il y a des solutions de continuité et où elle éclate.

La foudre, après avoir suivi un conducteur qui vient à lui manquer et qui pénètre dans un corps non conducteur, brise ordinairement ce dernier, et se fait un vide qui lui procure un écoulement facile. Ainsi, les pièces métalliques scellées dans un mur tombent, privées par la foudre de leur support, et sont projetées par l'air en mouvement qui vient remplir le vide qu'elle laisse.

Lorsque des portions de conducteurs métalliques sont isolées les unes des autres par un milieu peu ou point conducteur, la foudre visite successivement toutes celles qui sont sur son chemin et qui offrent le moins de résis-

tance à son écoulement dans le sol, attirée successivement par chacune d'elles. Invisible dans les portions métalliques, mais devenant visible en éclatant de l'une à l'autre, elle forme un trait lumineux qui paraîtra continu si les solutions de continuité des conducteurs sont dans un rapport convenable avec leur longueur.

La foudre est toujours accompagnée de chaleur : elle rougit, fond et volatilise les conducteurs métalliques d'un petit diamètre; mais des barres de 12 à 20 millimètres (5 à 9 lignes) de côté n'éprouvent rien de semblable. Il serait par conséquent imprudent de se servir de conducteurs très-minces pour diriger la foudre à travers des milieux inflammables; il faut au contraire employer des conducteurs assez gros pour qu'ils ne puissent pas même s'échauffer sensiblement.

C'est par la chaleur qui est propre à la foudre, et par celle qu'elle dégage de l'air ou des corps qu'elle traverse, en les refoulant, qu'elle met le feu à toutes les matières ténues susceptibles d'une prompte inflammation, comme le foin, la paille, le coton, etc. Il est plus rare de la voir enflammer les matières compactes, telles que les bois, à moins qu'ils ne soient vermoulus, soit qu'elle les déchire ou qu'elle glisse sur leur surface, parce que son action est trop instantanée. C'est ainsi qu'on peut concevoir que la foudre met le feu à des vêtemens légers, aux cheveux, sur un individu sur le corps duquel elle glisse, sans pourtant lui causer elle-même, très-souvent, aucun sentiment de brûlure. C'est encore par une cause semblable qu'elle dissipe en vapeurs la dorure des lambris dorés sans les enflammer.

La foudre fait périr les animaux, soit en lésant les

organes et le système vasculaire, soit en paralysant le système nerveux; la putréfaction s'en opère très-promptement, mais de la même manière que celle de tous les animaux frappés d'une mort subite quelconque. L'acescence du lait et la corruption des chairs, plus promptes par des temps d'orage que par des temps ordinaires, paraissent dues, d'une part, à la température élevée qui règne alors, et de l'autre aux courans de matière électrique auxquels ces corps sont exposés, et qu'on sait être un agent puissant de décomposition.

PARTIE PRATIQUE.

Détails relatifs à la construction des paratonnerres.

Un paratonnerre est une barre métallique *ABCDEF* (pl. I, fig. 1), s'élevant au-dessus d'un édifice, et descendant, sans aucune solution de continuité, jusque dans l'eau d'un puits ou dans un sol humide. On donne le nom de *tige* à la partie verticale *BA*, qui se projette dans l'air au-dessus du toit, et celui de conducteur à la portion de la barre *BCDEF*, qui descend depuis le pied *B* de la tige jusque dans le sol.

De la Tige.

La tige est une barre de fer carrée *BA*, amincie de sa base à son sommet, en forme de pyramide. Pour une hauteur de 7 à 9 mètres (21 à 27 pieds), qui est la hauteur moyenne des tiges qu'on place sur les grands édifices, on lui donne à sa base de 54 à 60 millimètres de côté (24 à 26 lignes) : on lui donnerait 63 milli-

mètres (28 lignes) si elle devait s'élever à 10 mètres (30 pieds) (1).

Le fer étant très-exposé à se rouiller par l'action de l'eau et de l'air, la pointe de la tige serait bientôt émoussée; pour obvier à cet inconvénient, on retranche de l'extrémité de la tige *AB* (fig. 2) une longueur *AH* d'environ 55 centimètres (20 pouces), et on la remplace par une tige conique de cuivre jaune, dorée à son extrémité, ou terminée par une petite aiguille de platine *AG* de 5 centimètres (2 pouces) de longueur (2). L'aiguille de platine est soudée, à la soudure d'argent, avec la tige de cuivre; et pour qu'elle ne puisse point s'en séparer, ce qui arriverait quelquefois malgré la soudure, on renforce l'ajustage par un petit manchon de cuivre, comme le montre la figure 3. La tige de cuivre se réunit à la tige de fer au moyen d'un goujon qui entre à vis dans toutes deux; il est d'abord fixé dans la tige de cuivre par deux goupilles à angle droit, et on le visse ensuite dans la tige de fer, dans laquelle il est aussi retenu par une goupille (*voyez C*, figure 4). On peut, sans aucune espèce d'inconvénient, ne point employer de platine et se contenter de la tige conique de cuivre, et même ne pas la dorer si on n'en a pas la facilité sur

---

(1) La manière la plus avantageuse de faire une barre pyramidale est de souder bout à bout des morceaux de fer, chacun d'environ 80 centimètres (2 pieds et demi) de longueur, et d'un calibre décroissant.

(2) On peut remplacer l'aiguille de platine par une aiguille faite avec l'alliage des monnaies d'argent, qui est composé de neuf parties d'argent et une de cuivre.

les lieux. Le cuivre ne s'altère pas profondément à l'air; et en supposant que sa pointe s'émoussât légèrement, le paratonnerre ne perdrait pas pour cela son efficacité.

Une tige de paratonnerre, de la dimension supposée, étant d'un transport difficile, on la coupe en deux parties *AI* et *IB* (fig. 2), au tiers ou aux deux cinquièmes environ de sa longueur, à partir de sa base. La partie supérieure *AD* (fig. 4) s'emboîte exactement, par un tenon pyramidal *DF* de 19 à 20 centimètres (7 à 8 pouces), dans la partie inférieure *EB*, et une goupille l'empêche de s'en séparer. On doit cependant, autant qu'on le pourra, ne faire la tige que d'une seule pièce, parce qu'elle en aura plus de solidité (1).

Au bas de la tige, à 8 centimètres (3 pouces) du toit, est une embase *MN* (fig. 4), soudée au corps même de la tige; elle est destinée à rejeter l'eau de pluie qui coulerait le long de la tige, et à l'empêcher de s'infiltrer dans l'intérieur du bâtiment, et de pourrir les bois de la toiture (2).

---

(1) On fait la partie creuse *EG* (fig. 4), qui reçoit le tenon pyramidal *DF* de la manière suivante. On prend une forte feuille de fer que l'on roule en cylindre et que l'on soude en *G* avec la barre *BG*; ensuite, au moyen d'un mandrin de la forme que doit avoir le tenon, et de chauffes successives, on parvient facilement à réunir ses deux bords, et à lui donner, tant intérieurement qu'extérieurement, la forme pyramidale.

(2) Pour faire l'embase, on soude un anneau de fer sur la tige, et on l'étire circulairement sur l'enclume en inclinant ses bords de manière à obtenir un cône tronqué très-aplati.

Au lieu de se terminer en pointe, ils ont une patte (fig. 11 et 12) formée par une plaque mince de 25 centimètres de long sur 4 de large, à l'extrémité de laquelle s'élève la tige du crampon, en faisant avec la plaque, ou un angle droit (fig. 11), ou un angle égal à celui que forme le toit avec la verticale (fig. 12). La patte se glisse entre les ardoises; mais, pour plus de solidité, on remplace par une lame de plomb l'ardoise sur laquelle elle reposerait, et on cloue ensemble, au-dessus d'un chevron, cette lâme et la patte du crampon. Le conducteur est retenu dans chaque fourchette par une goupille rivée, et les crampons sont placés à environ 3 mètres les uns des autres.

Le conducteur, après s'être replié sur la corniche du bâtiment (fig. 1) sans la toucher, s'applique contre le mur le long duquel il doit descendre dans le sol, et se fixe au moyen de crampons que l'on fiche ou que l'on scelle dans la pierre. Arrivé en *D* ou en *D'* dans le sol, à 50 ou 55 centimètres (18 ou 20 pouces) au-dessous de sa surface, il se recourbe perpendiculairement au mur suivant *DE* ou *D'E'*, se prolonge dans cette nouvelle direction l'espace de 4 à 5 mètres (12 à 15 pieds), et s'enfonce ensuite dans un puits *EF*, ou dans un trou *E'F* fait dans la terre, de la profondeur de 4 à 5 mètres (12 à 15 pieds) si l'on ne rencontre pas l'eau, mais de moins si on la rencontre plus tôt.

Le fer enfoncé dans le sol, en contact immédiat avec la terre et l'humidité, se couvre d'une rouille qui gagne peu à peu son centre, et finit par le détruire. On évite cette altération en faisant courir le conducteur dans un auget rempli de charbon *DE* ou *D'E'*, qu'on a repré-

senté plus en grand dans la figure 13. On construit l'auget de la manière suivante :

Après avoir fait une tranchée dans le sol, de 55 à 60 centimètres (20 à 22 pouces) de profondeur, on y pose un rang de briques à plat, sur le bord desquelles on en place d'autres de champ ; on met une couche de *braise de boulanger* de l'épaisseur de 3 à 4 centimètres (1 à 1 $\frac{1}{2}$ pouce) sur les briques du fond ; on pose le conducteur *DE* par-dessus ; on achève de remplir l'auget de braise, et on le ferme par un rang de briques. La tuile, la pierre ou le bois peuvent également être employés pour former l'auget. On a l'expérience que le fer, ainsi enveloppé de charbon, n'éprouve aucune altération dans l'espace de trente années. Mais le charbon n'a pas seulement l'avantage d'empêcher le fer de se rouiller dans la terre ; comme il conduit très-bien la matière électrique quand il a été rougi (et c'est pour cela que nous avons recommandé d'employer la braise de boulanger), il facilite l'écoulement de la foudre dans le sol.

Le conducteur, sortant de l'auget dont on vient de parler, perce le mur du puits dans lequel il doit descendre, et s'immerge dans l'eau de manière à y rester plongé de 65 centimètres (2 pieds) au moins dans les plus basses eaux. Son extrémité se termine ordinairement par deux ou trois racines, pour faciliter l'écoulement de la matière électrique du conducteur dans l'eau. Si le puits est placé dans l'intérieur du bâtiment, on percera le mur de ce dernier au-dessous du sol, et on dirigera par l'ouverture qu'on aura faite le conducteur dans le puits.

Lorsqu'on n'a pas de puits à sa disposition pour y faire descendre le conducteur du paratonnerre, on fait dans le sol, avec une tarière de 13 à 16 centimètres (5 à 6 pouces) de diamètre, un trou de 3 à 5 mètres (9 à 15 pieds) de profondeur; on y fait descendre le conducteur, en le tenant à égale distance de ses parois, et on remplit l'espace intermédiaire avec de la braise que l'on comprime autant que possible. Mais lorsqu'on voudra ne rien épargner pour établir un paratonnerre, nous conseillons de creuser un trou beaucoup plus large *E'F'* (fig. 1), au moins de 5 mètres de profondeur, à moins qu'on ne rencontre l'eau plus tôt; de terminer l'extrémité du conducteur par plusieurs racines, de les envelopper de charbon si elles ne plongent pas dans l'eau, et d'en entourer de même le conducteur au moyen d'un auget de bois que l'on en emplira.

Dans un terrain sec, comme, par exemple, dans un roc, on donnera à la tranchée qui doit recevoir le conducteur une longueur au moins double de celle qui a été indiquée pour un terrain ordinaire, et même davantage, s'il était possible d'arriver jusque dans un endroit humide. Si les localités ne permettent pas d'étendre la tranchée en longueur, on en fera d'autres transversales, comme on le voit en *A* (pl. II, fig. 17 et 18), dans lesquelles on placera de petites barres de fer entourées de braise, que l'on fera communiquer avec le conducteur. Dans tous les cas, l'extrémité de ce dernier doit s'enfoncer dans un large trou, s'y diviser en plusieurs racines, et être recouverte de braise ou de charbon qui aura été rougi.

En général, on doit faire les tranchées pour le

conducteur dans l'endroit le plus humide autour du bâtiment, les placer par conséquent dans les lieux les plus bas, et diriger au-dessus les eaux pluviales, afin de les tenir dans un état plus constant d'humidité. On ne saurait trop prendre de précautions pour procurer à la foudre un prompt écoulement dans le sol; car c'est principalement de cette circonstance que dépend l'efficacité des paratonnerres.

Les barres de fer qui forment le conducteur présentant, en raison de leur rigidité, quelque difficulté pour leur faire suivre les contours d'un bâtiment, on a imaginé de les remplacer par des cordes métalliques qui, indépendamment de leur flexibilité, ont encore l'avantage d'éviter les raccords et de diminuer les chances de solution de continuité. On réunit quinze fils de fer pour faire un toron, et quatre de ces torons forment la corde, qui alors a 16 à 18 millimètres (7 à 8 lignes) de diamètre. Pour prévenir sa destruction par l'air et l'humidité, chaque toron est goudronné séparément, et la corde l'est ensuite avec beaucoup de soin. On l'attache à la tige du paratonnerre de la même manière que le conducteur fait avec des barres de fer, c'est-à-dire qu'on la pince fortement au moyen d'un boulon entre les deux oreilles du collier *B* (fig. 15), qui sont un peu concaves et hérissées de quelques pointes pour mieux embrasser et retenir la corde. Les crampons qui la supportent sur le toit, au lieu d'être terminés en fourche, le sont par un anneau *O* (fig. 12) dans lequel passe la corde. Parvenue à 2 mètres (6 pieds) du sol, on la réunit à une barre de fer de 15 à 25 millimètres (6 à 9 lignes) en carré qui

termine le conducteur, comme on le voit en *C* (fig. 16); car, dans le sol, la corde serait promptement détruite. On assure que des cordes ainsi employées n'ont pas éprouvé d'altération sensible dans l'espace de trente années. Néanmoins, comme il est incontestable que les barres de fer bien assemblées sont beaucoup moins destructibles, nous conseillons de leur donner la préférence autant qu'on le pourra. Si les localités obligeaient à employer des cordes, on pourrait les faire en fil de cuivre ou de laiton, qui est beaucoup moins destructible, et qui, étant aussi meilleur conducteur, permettrait de ne donner aux cordes que 16 millimètres (6 lignes) de diamètre. C'est surtout pour les clochers que les cordes métalliques peuvent être d'une grande utilité, à cause de la facilité de leur pose.

Si le bâtiment que l'on arme d'un paratonnerre renferme des pièces métalliques un peu considérables, comme des lames de plomb qui recouvrent le *faîtage* et les arêtes du toit, des gouttières en métal, de longues barres de fer pour assurer la solidité de quelque partie du bâtiment, il sera nécessaire de les faire toutes communiquer avec le conducteur du paratonnerre; mais il suffira d'employer pour cet objet des barres de 8 millimètres (3 lignes) de côté, ou du fil de fer d'un égal diamètre. Si cette réunion n'avait pas lieu, et que le conducteur renfermât quelque solution de continuité, ou qu'il ne communiquât pas très-librement avec le sol, il serait possible que la foudre se portât avec fracas du paratonnerre sur quelqu'une des parties métalliques. Plusieurs accidens ont eu lieu par cette cause; nous en

avons cité deux exemples au commencement de cette Instruction (1).

Paratonnerres pour les Eglises.

Le paratonnerre dont on vient de donner les détails de construction, et que l'on a pris pour type, est applicable à toute espèce de bâtimens, aux tours, aux dômes, aux clochers et aux églises, avec de très-légères modifications.

Sur une tour, la tige du paratonnerre doit s'élever de 5 à 8 mètres (15 à 24 pieds), suivant l'étendue de sa plate-forme; 5 mètres suffiront pour les plus petites, et 8 pour les plus grandes.

Les dômes et les clochers, dominant ordinairement de beaucoup les objets circonvoisins, un paratonnerre placé à leur sommet en tire un très-grand avantage pour étendre son influence au loin, et n'a pas besoin, pour les protéger, de s'élever à la même hauteur que sur les édifices terminés par un toit très-étendu. D'un autre côté, l'impossibilité d'établir solidement des tiges de 7 à 8 mètres (21 à 24 pieds) sur les dômes et les clochers, sans des dépenses considérables, doit faire renoncer à en employer dans ces dimensions. Nous conseillons donc, pour ces édifices, et surtout pour ceux dont le sommet est d'un accès difficile, de n'employer que des tiges minces, s'élevant de 1 à 2 mètres (3 à 6 pieds) au-

(1) Nous devons plusieurs des détails de construction que nous venons de donner, à M. Mérot, habile constructeur de paratonnerres, qui, à notre demande, nous a communiqué avec empressement les résultats de sa pratique.

dessus des croix qui les terminent. Ces tiges étant alors très-légères, il sera facile de les fixer solidement à la tête des croix, sans que la forme de ces dernières paraisse altérée de loin, et sans que le mouvement des girouettes qu'elles portent ordinairement en soit gêné.

Nous pensons même que, pour peu qu'on éprouve des difficultés à placer ces tiges sur un dôme ou sur un clocher, on peut les supprimer entièrement. Il suffira, pour défendre ces édifices des atteintes de la foudre, d'établir, comme pour le cas où ils sont armés de tiges, une communication très-intime entre le pied de chaque croix et le sol. Cette disposition, qui est très-peu dispendieuse et qui offre également une très-grande sûreté, sera surtout avantageuse pour les clochers des petites communes rurales. La figure 23 représente un clocher sans tige de paratonnerre, dont la croix est en communication avec le sol, au moyen d'un conducteur partant de son pied; et la figure 24 offre un clocher surmonté d'une tige attachée à sa croix.

Quant aux églises, lorsqu'elles ne seront pas protégées par le paratonnerre de leur clocher, il sera nécessaire de les armer avec des tiges de 5 à 8 mètres (15 à 24 pieds) de haut, semblables à celle qui a été décrite pour un édifice aplati (1).

---

(1) La figure 25, planche 1re, représente la tige d'un paratonnerre fait avec luxe, comme on en place sur quelques bâtimens : elle porte une girouette en forme de flèche, mobile sur des galets, pour rendre son mouvement plus doux, qui fait connaître la direction du vent au moyen de lignes fixes orientées N. S. O. E.; à sa base est un socle en cuivre mince dont la forme est arbitraire.

Paratonnerres pour les magasins à poudre et les poudrières.

La construction des paratonnères pour les magasins à poudre et les poudrières ne diffère pas essentiellement de celle qui a été décrite comme type pour toute espèce de bâtiment ; on doit seulement redoubler d'attention pour éviter la plus légère solution de continuité, et ne rien épargner pour établir entre la tige du paratonnerre et le sol la communication la plus intime. Toute solution de continuité donnant lieu, en effet, à une étincelle, le pulvérin qui voltige et se dépose partout dans l'intérieur et même à l'extérieur de ces bâtimens, serait enflammé, et pourrait propager son inflammation jusqu'à la poudre. C'est par ce motif qu'il serait très-prudent de ne point placer les tiges sur les bâtimens mêmes, mais bien sur des mâts qui en seraient éloignés de 2 à trois mètres (fig. 26, pl. II). Il sera suffisant de donner aux tiges 2 mètres de longueur ; mais on donnera aux mâts une hauteur telle, qu'avec leur tige ils dominent les bâtimens au moins de 4 à 5 mètres. On fera aussi très-bien de multiplier les paratonnerres plus qu'on ne le ferait partout ailleurs ; car ici les accidens sont des plus funestes. Si le magasin était très-élevé, comme, par exemple, une tour, les mâts seraient d'une construction difficile et dispendieuse pour leur donner de la solidité : on se contenterait, dans ce cas, d'armer le bâtiment d'un double conducteur *ABC* (fig. 27), sans tige de paratonnerre, qu'on pourrait faire en cuivre. Ce conducteur, n'étendant pas son influence au-delà du bâtiment, ne pourrait attirer la foudre

de loin, et il aurait cependant l'avantage de garantir le bâtiment de ses atteintes s'il en était frappé; de sorte que ceux-là mêmes qui rejettent les paratonnerres parce qu'ils croient qu'ils déterminent la foudre à tomber sur un bâtiment qu'elle eût épargné sans eux, ne pourraient faire aucune objection fondée contre la disposition qui vient d'être indiquée. On pourrait armer d'une manière semblable un magasin ordinaire ou tout autre bâtiment (fig. 28). A défaut de paratonnerres, des arbres élevés, disposés autour des bâtimens à 5 ou 6 mètres de leurs faces, les défendent efficacement de la chute de la foudre.

Paratonnerres pour les bâtimens de mer.

Pour un vaisseau (fig. 29), la tige du paratonnerre se réduit à la partie en cuivre *AC* (pl. I, fig. 4) qui a été décrite pour le paratonnerre type. Cette tige est vissée sur une verge de fer ronde *CB* (fig. 30), qui entre dans l'extrémité *I* de la flèche du mât de perroquet, et qui porte une girouette. Une barre de fer *MQ*, liée au pied de la verge, descend le long de la flèche et se termine par un crochet ou anneau *Q*, auquel s'attache le conducteur du paratonnerre, qui est ici une corde métallique; celle-ci est maintenue de distance en distance à un cordage *gg* (fig. 29), et, après avoir passé dans un anneau *b* fixé au porte-hauban, elle se réunit à une barre ou plaque de métal qui communique avec le doublage en cuivre du vaisseau. Sur les bâtimens de peu de longueur, on n'établit ordinairement qu'un paratonnerre au grand mât; sur les autres, on en met un second au mât de misaine. La figure 29 peut représenter également

l'un ou l'autre de ces deux mâts, sur lesquels les paratonnerres sont établis exactement de la même manière.

Disposition générale des paratonnerres sur un édifice.

On admet, d'après l'expérience, qu'une tige de paratonnerre protége efficacement contre la foudre autour d'elle un espace circulaire d'un rayon double de sa hauteur. Ainsi, d'après cette règle, un bâtiment de 20 mètres (60 pieds) en long ou en carré n'aurait besoin, pour être défendu, que d'une seule tige de 5 à 6 mètres (15 à 18 pieds) de hauteur, élevée sur le milieu de son toit (fig. 14 et 17). Dans la figure 17, le conducteur est une corde métallique.

Un bâtiment de 40 mètres (120 pieds), d'après la même règle, serait défendu par une tige de 10 mètres (30 pieds), et on en place effectivement de semblables; mais il serait préférable, au lieu d'une seule tige, d'en élever deux de 5 à 6 mètres (15 à 18 pieds) de hauteur, et de les disposer de manière que l'espace autour d'elles fût également protégé de toute part, ce á quoi on parviendrait en les plaçant chacune à 10 mètres (30 pieds) de l'extrémité du bâtiment, et par conséquent à 20 mètres (60 pieds) l'une de l'autre (fig. 18). Pour trois ou un plus grand nombre de paratonnerres, on suivrait la même règle.

Les paratonnerres des tours et des clochers, en raison de leur grande élévation, doivent certainement étendre leur sphère d'action plus loin que s'ils étaient moins élevés : mais cette action s'étend-elle, comme on l'a supposé pour des tiges de 5 à 10 mètres, à une distance

double de la hauteur de leur pointe au-dessus des objets qu'ils dominent? Il est possible qu'elle s'étende même plus loin ; mais l'expérience ne nous ayant encore rien appris à cet égard, il sera prudent d'armer les églises de paratonnerres, en admettant que ceux des clochers ne protégent efficacement autour d'eux qu'un espace d'un rayon égal à leur hauteur au-dessus du faîtage de leur toit. Ainsi, le paratonnerre d'un clocher s'élevant de 30 mètres au-dessus du toit d'une église, ne le défendrait plus à 30 mètres de l'axe du clocher ; et si le toit s'étendait au-delà, il serait nécessaire d'y placer des paratonnerres, d'après la règle que nous avons prescrite pour les édifices peu élevés. (*Voyez* figures 19 et 20.)

Disposition générale des conducteurs des paratonnerres.

Quoique nous ayons déjà beaucoup insisté sur la condition d'établir une communication très- intime entre la tige des paratonnerres et le sol, son importance nous détermine à la rappeler encore. Elle est telle que, si elle n'était pas remplie, non-seulement les paratonnerres perdraient beaucoup de leur efficacité, mais que même ils pourraient devenir dangereux, en appelant la foudre sur eux, quoique dans l'impuissance de la conduire dans le sol. Les autres conditions dont il nous reste à parler sont sans doute moins essentielles que cette dernière, mais elles n'en méritent pas moins qu'on y ait égard.

L'on doit toujours faire parvenir la foudre depuis la tige du paratonnerre jusque dans le sol par la voie la plus courte.

Conformément à ce principe, lorsqu'on placera deux

paratonnerres sur un édifice, et qu'on leur donnera un conducteur commun, ce qui est en effet suffisant, on fera concourir en un point sur le toit, à égale distance de chaque tige, les portions des conducteurs qui ne peuvent être communes ; et, à partir de ce point, une barre de fer, de la même dimension que pour un seul paratonnerre, servira de conducteur aux deux. (*Voyez* fig. 18 et 19.)

Lorsqu'on aura trois paratonnerres sur un édifice, il sera prudent de leur donner deux conducteurs (fig. 20). En général, chaque paire de paratonnerres exige un conducteur particulier.

Quel que soit le nombre des paratonnerres placés sur un édifice, on les rendra tous solidaires, en établissant une communication intime entre les pieds de toutes leurs tiges, au moyen de barres de fer de mêmes dimensions que celles des conducteurs. (*Voy.* fig. 20, 21, 22.)

Lorsque les localités le permettront, on placera les conducteurs sur les murs des bâtimens qui font face au côté d'où viennent le plus fréquemment les orages dans chaque lieu. En effet, ces murs étant exposés à être mouillés par la pluie, deviennent des conducteurs, quoique imparfaits, en raison de la mince nappe d'eau qui les couvre ; et si le conducteur du paratonnerre n'était pas en communication intime avec le sol, il serait possible que la foudre l'abandonnât pour se précipiter sur la face mouillée. Un autre motif encore, c'est que la direction de la foudre peut être déterminée par celle de la pluie, et qu'en outre la face mouillée peut, comme conducteur, appeler la foudre de préférence au paratonnerre.

C'est surtout pour les clochers que cette observation est importante et qu'il est nécessaire d'y avoir égard.

Observations sur l'efficacité des paratonnerres.

Une expérience de cinquante années sur l'efficacité des paratonnerres, démontre que, lorsqu'ils ont été construits avec les soins convenables, ils garantissent de la foudre les édifices sur lesquels ils sont placés. Dans les États-Unis d'Amérique, où les orages sont beaucoup plus fréquens et plus redoutables qu'en Europe, leur usage est devenu populaire; un très-grand nombre de bâtimens ont été foudroyés, et l'on en cite à peine deux qu'ils n'aient pas mis entièrement à l'abri des atteintes de la foudre. Tout le monde sait que les parties métalliques sur un édifice sont frappées de préférence par la foudre, et ce fait seul démontre l'efficacité des paratonnerres, qui ne sont que des barres métalliques disposées de la manière la plus avantageuse, d'après les connaissances acquises sur la matière électrique par la théorie et l'expérience. La crainte d'une chute plus fréquente de la foudre sur les édifices armés de paratonnerres n'est pas fondée, car leur influence s'étend à une trop petite distance pour qu'on puisse croire qu'ils déterminent la foudre d'un nuage à se précipiter dans le lieu où ils sont établis. Il paraît, au contraire, certain, d'après l'observation, que les édifices armés de paratonnerres ne sont pas foudroyés plus fréquemment qu'avant qu'ils ne le fussent. D'ailleurs, la propriété d'un paratonnerre d'attirer plus fréquemment la foudre supposerait aussi celle de la transmettre librement dans le sol, et dès-lors il

ne pourrait en résulter aucun inconvénient pour la sûreté des édifices.

Nous avons recommandé l'usage des pointes aiguës pour les paratonnerres, parce qu'elles ont l'avantage sur les barres arrondies à leur extrémité, de verser continuellement dans l'air, sous l'influence du nuage orageux, un torrent de matière électrique de nature contraire à la sienne, qui doit très-probablement se diriger vers celle du nuage, et en partie la neutraliser. Cet avantage n'est point du tout à négliger : car il suffit de connaître le pouvoir des pointes, et les expériences de Charles et de Romas avec un cerf-volant sous un nuage orageux, pour rester convaincu que les paratonnerres en pointe, s'ils étaient plus multipliés et placés sur des lieux élevés, diminueraient réellement la matière électrique des nuages et la fréquence de la chute de la foudre sur la surface de la terre.

Cependant, lorsque la pointe d'un paratonnerre aura été émoussée par la foudre ou par une cause quelconque, il ne faudra pas croire, parce qu'elle aura perdu l'avantage dont on vient de parler, qu'elle ait aussi perdu son efficacité pour protéger le bâtiment qu'elle est destinée à défendre. Le docteur Rittenhouse rapporte qu'ayant souvent examiné et passé en revue, avec un excellent télescope de réflexion, les pointes des paratonnerres de Philadelphie, où ils sont en grand nombre, il en a vu beaucoup dont les pointes étaient fondues; mais qu'il n'a jamais appris que les maisons où ces paratonnerres étaient établis eussent été frappées de la foudre depuis la fusion de leurs pointes. Or, cela n'aurait pas manqué d'arriver à quelques-unes, au moins au bout d'un cer-

tain temps, si leurs paratonnerres n'avait pas continué de bien faire leurs fonctions ; car on sait, par nombre d'observations, que, lorsque le tonnerre est tombé en quelque endroit, il n'est pas rare de l'y voir retomber encore.

Pour que le fruit que l'on doit retirer de l'établissement des paratonnerres soit aussi grand que possible, et que l'on puisse profiter de l'expérience acquise sur une localité, pour la faire tourner à l'avantage général, nous formons le vœu que Son Excellence le ministre de l'intérieur, après avoir ordonné l'exécution d'une mesure réclamée depuis long-temps, et dont elle sent toute l'utilité, invite les autorités locales à lui transmettre fidèlement tous les renseignemens relatifs à la chute de la foudre sur un édifice armé de paratonnerres. Ces renseignemens seraient la source d'améliorations importantes, et contribueraient, en faisant connaître les avantages d'un préservatif aussi simple et aussi sûr, à en rendre l'adoption plus générale.

Sur *la Chaleur spécifique des gaz.*

Par Mr W. T. Haycraft.

(Traduit des *Transactions philosophiques d'Edimburgh.*)

Les expériences que je soumets à la Société sont une répétition de celles que j'avais faites il y a plusieurs mois, dans l'intention de déterminer la chaleur spécifique des gaz. L'importance de ce sujet avait tellement frappé mon esprit, que je résolus de m'en occuper sans

épargner aucune peine, et de ne mettre mes résultats sous les yeux du public qu'après qu'une seconde série d'expériences leur aurait donné de nouveaux titres à sa confiance. Mon second appareil avait été combiné de manière à permettre d'opérer sur de grandes quantités de gaz, et comme, du reste, j'ai pris toutes les autres précautions que j'avais d'abord signalées, mes résultats ont été peut-être plus décisifs, quoiqu'en général, dans les points essentiels, ils diffèrent à peine des précédens. Je dois, au reste, déclarer que les conséquences auxquelles je suis arrivé sont diamétralement opposées à ce que j'attendais, et qu'elles me paraissent contraires aux doctrines de Black et de Crawford : doctrines qu'à présent même je suis disposé à admettre jusqu'à un certain degré.

Avant d'entrer en matière, il sera nécessaire que j'indique les méthodes suivies par les premiers expérimentateurs qui se sont occupés de la même recherche, et que je signale la source des erreurs dans lesquelles ils sont tombés.

Aucune de ces méthodes n'était plus élégante que celle qu'avait adoptée le professeur Leslie ; mais puisqu'il reconnaît lui-même que les résultats partiels qu'elle fournit sont peu concordans, il serait inutile d'en donner ici la description. Le D[r] Crawford enfermait deux gaz différens (préalablement exposés à l'action du muriate de chaux pour les priver de toute humidité) dans deux vases de même grandeur et de même poids ; après que ces vases avaient été portés à la même température à l'aide d'un procédé très-ingénieux, il les plongeait simultanément dans deux autres vases parfaitement sem-

blables entr'eux quant à leur forme, à leurs dimensions et à leurs poids, et qui renfermaient de l'eau d'une température moins élevée; alors des thermomètres bien réglés faisaient connaître les augmentations de température du liquide produites par chaque gaz, et conséquemment leurs chaleurs spécifiques comparatives.

Je ne vois, en théorie, aucune objection à faire contre ce procédé; mais les quantités de gaz sur lesquelles on opère étant très-petites, les résultats ne pourront jamais avoir une exactitude suffisante.

On évite tout-à-fait cet inconvénient dans la méthode adoptée par MM. de La Roche et Bérard. Leur appareil renfermait une colonne d'eau arrangée de telle manière qu'elle exerçait une pression constante sur l'air contenu dans un vase clos : cet air, étant ainsi comprimé par la colonne liquide, pressait la surface extérieure de la vessie où était renfermé le gaz dont on voulait déterminer la chaleur spécifique. En quittant la vessie, le gaz, préalablement chauffé, par un moyen particulier, jusqu'à 100° centig., traversait un serpentin tout entouré d'eau à une basse température. Après sa sortie de ce calorimètre, le gaz se rendait, par un tube qui portait des robinets convenables, dans une autre vessie d'où il était chassé comme de la première. A l'aide de cette action réciproque, MM. de La Roche et Bérard faisaient passer, par minute, dans le calorimètre, 225,2 pouces cubes de gaz, chauffés jusqu'à 100°. Un thermomètre signalait la chaleur communiquée au liquide durant l'opération; des essais comparatifs donnaient les capacités spécifiques des différens gaz.

Cette méthode n'était préférable à celle de Crawford

qu'en ce qu'on opérait sur de plus grandes quantités de gaz ; mais elle avait une infériorité marquée à cause que les observations, rigoureusement parlant, n'étaient pas comparables. En effet, on soumettait d'abord à l'expérience l'air atmosphérique, dont la capacité devait servir d'étalon ; on prenait note des résultats. Ce n'était ensuite qu'à des époques plus ou moins éloignées, sous des conditions de température extérieure et de pression tout-à-fait différentes, qu'on examinait les autres gaz : de là, des réductions sans nombre et d'un calcul difficile. Mais la plus grande imperfection de ces expériences tient à ce que leurs auteurs ont négligé de priver les gaz de la vapeur aqueuse avec laquelle ils sont mêlés. L'appareil, du reste, ne l'aurait pas permis, puisque la colonne d'eau, qui en faisait une partie essentielle, devait nécessairement laisser le gaz, et même l'appareil tout entier, dans un état permanent d'humidité. Cette notable source d'erreur était encore agrandie par la haute température à laquelle on exposait les gaz, puisque c'est alors qu'ils se chargent d'une plus grande proportion de vapeur d'eau. D'après ces considérations, on peut supposer que les expériences de MM. de La Roche et Bérard donnent les chaleurs spécifiques de certains mélanges de gaz et de vapeur aqueuse à la température de l'ébullition ; mais nullement celles de gaz secs et à des températures ordinaires.

Peut-être trouvera-t-on réunis, dans l'appareil que je vais maintenant décrire, les avantages de ces deux méthodes, sans aucun de leurs défauts.

Cet appareil est composé de deux tubes cylindriques de cuivre, renfermant chacun un piston attaché à une mince

traverse par des tringles d'égale longueur. (*Voyez* la figure (1)). Une manivelle est adaptée à la traverse; un aide la met en mouvement pendant les expériences. Les cylindres sont bouchés aux deux extrémités; il n'y a d'ouvert que les trous où aboutissent les tubes qui servent à l'écoulement des gaz. Par le moyen de quatre soupapes dans chaque cylindre, dont il serait difficile de décrire la disposition, mais qu'un coup-d'œil sur la figure fera aisément comprendre, chaque coup de piston détermine un courant dans les tubes, en sorte qu'à l'aide d'une soupape additionnelle on opère exactement sur deux fois autant de gaz que dans les pompes de l'ancienne construction.

Les corps de pompe, immédiatement en rapport avec les quatre soupapes, se lient à deux tubes. Durant l'action des pistons, le gaz passe dans l'un de ces tubes avec une vitesse presque uniforme; et après avoir traversé l'appareil d'échauffement et le calorimètre, il revient par l'autre au point de départ, où il éprouve le même genre d'action. L'appareil d'échauffement se compose d'un vaisseau métallique, d'environ 16 pouces de long, contenant de l'eau chaude dans laquelle sont plongés les tubes que traversent les gaz chassés des cylindres par l'action des pistons. Ces tubes sont recourbés de manière que le gaz, au moment de sa sortie, a parcouru trois fois la longueur du vase, et a pris ainsi plus exactement la température de l'eau qu'il contient. Cette condition, du reste, n'est que de pure commodité : l'on

(1) Elle fait partie de la planche qui a paru avec le Cahier précédent.

verra aisément que, dans ma manière d'opérer, il n'était pas nécessaire d'arriver à une température fixe.

Les deux calorimètres que j'emploie sont semblables à ceux de MM. de La Roche et Bérard. Chacun communique avec le tube à travers lequel s'écoule le gaz quand il vient du corps de pompe pour traverser l'appareil d'échauffement, et avec celui qui ensuite ramène ce même gaz au corps de pompe. Tous ces tubes sont de métal et hermétiquement soudés.

L'appareil doit donc être considéré comme composé de deux parties distinctes, parfaitement semblables, conduisant chacune des quantités égales de gaz au travers du même liquide échauffé, mais dans deux calorimètres différens.

Les tubes qui établissent la communication entre l'appareil d'échauffement et le calorimètre n'ont qu'un pouce de long. Ils sont percés de petits trous à travers lesquels on a fait passer la boule des thermomètres destinés à donner la température des gaz à leur entrée dans le calorimètre.

Chaque calorimètre est renfermé dans une boîte métallique polie, afin de prévenir, autant que possible, la perte ou l'absorption du calorique durant l'opération; ces boîtes sont elles-mêmes couvertes d'eau qu'on agite continuellement : alors l'inégale température des murs de l'appartement ne peut avoir aucune influence.

Pour faciliter l'introduction des gaz dans l'appareil, j'ai adapté à chacun des tubes qui reviennent des calorimètres aux pompes, un gros robinet qui sert à arrêter le courant. Deux robinets, de moindres dimensions, sont placés de part et d'autre du premier : quand on les

ouvre, les tubes communiquent avec l'air extérieur. Si, en même temps que le grand robinet est fermé, les petits sont ouverts, l'air entrera par un de ceux-ci, pendant l'action de la machine, sortira par l'autre et sera ainsi continuellement renouvelé. L'introduction du gaz s'effectuera donc en établissant simplement une communication entre le gazomètre et le petit tube qui porte le robinet par lequel, comme nous disions précédemment, l'air entrait dans l'appareil. Toutefois, le plus ordinairement, je me suis servi d'une machine pneumatique pour enlever l'air contenu dans les tuyaux et les pompes; ouvrant ensuite le robinet voisin du gazomètre, le gaz sur lequel je desirais opérer venait tout remplir. Après avoir répété cette opération plusieurs fois, je trouvais que le gaz était à-peu-près aussi pur dans l'appareil que dans le gazomètre.

En lisant attentivement cette description, qui peut-être paraitra trop prolixe; en jetant surtout les yeux sur la planche, on verra que les deux gaz contenus dans les deux parties de la machine se trouveront dans des circonstances toutes pareilles; que les quantités qui traverseront les calorimètres dans un temps donné seront les mêmes; que les températures des milieux environnans et les pressions barométriques ne présenteront non plus aucune différence; que les températures des gaz doivent aussi être égales, puisqu'ils traversent le même appareil d'échauffement; qu'enfin, les dimensions des tubes, des cylindres, des calorimètres et des soupapes sont identiques dans les deux parties de la machine.

Il résulte de là que les deux gaz soumis à des essais comparatifs occasioneront des augmentations de tempé-

rature proportionnelles à leurs capacités pour la chaleur, pourvu qu'aucune perte irrégulière de calorique n'ait lieu dans les calorimètres à raison des températures inégales des corps environnans.

Pour éviter cette cause d'erreur, M. de Rumford a proposé un moyen très-simple que j'ai adopté, et qui consiste à donner au calorimètre, au commencement de l'expérience, une température inférieure à celle du milieu ambiant, du même nombre de degrés dont elle lui sera supérieure à la fin.

Le piston, dans chacune de ses excursions, faisait passer 12 pouces cubes de gaz dans le calorimètre. Ces mouvemens étaient réglés par un pendule et se renouvelaient cent vingt fois chaque minute. Dans cet espace de temps, 1440 pouces cubes traversaient donc les calorimètres. Je dois dire, toutefois, que jamais je n'ai eu besoin de faire entrer ces quantités dans la discussion de mes expériences, puisqu'elles avaient précisément les mêmes valeurs pour chaque gaz essayé.

Les thermomètres dont je me suis servi étaient de M. Adie, d'Edinburgh ; un degré portait cinq divisions assez grandes pour être partagées en quatre, en sorte qu'on évaluait les températures à $\frac{1}{20}$me de degré Fahrenheit. Chaque calorimètre avait son thermomètre ; la boule était également éloignée des quatre faces. Deux autres thermomètres plus petits donnaient la température du gaz à son entrée dans le calorimètre et à sa sortie. Enfin, deux semblables instrumens étaient plongés, le premier, dans l'appareil d'échauffement ; le second dans l'eau qui entourait les calorimètres.

Après avoir rempli ces deux calorimètres, d'eau à la

température de $+ 5^{\circ},55$ centigrades, celle de l'appareil d'échauffement étant à $+ 82^{\circ},21$, j'introduisis de l'air atmosphérique *dans les deux* corps de pompe, et les pistons furent mis en mouvement. Après un certain temps, l'eau de chacun des calorimètres était arrivée à $+ 29^{\circ}$ centig.; la différence entre ces deux températures surpassait à peine $\frac{1}{40}$me de degré. Ainsi, le thermomètre de chaque calorimètre était monté de $23^{\circ},45$ centigrades, avec une différence de moins de $\frac{1}{800}$me du total. De plus grandes erreurs peuvent provenir d'un défaut de concordance dans les instrumens. L'objet de cette expérience était de montrer l'exactitude de l'appareil. Elle a été souvent répétée, à diverses époques, avec le même résultat. Mon ami le Dr Clendinning m'a aidé dans tout ce travail; je lui dois en grande partie les succès que j'ai obtenus.

Expériences sur l'acide carbonique.

N° 1.

La partie de l'appareil que j'appelle *A* était remplie d'acide carbonique, obtenu par la décomposition du carbonate de chaux; la partie *B* renfermait de l'air. Chacun des deux corps de pompe contenait une certaine quantité de muriate de chaux, destiné à dessécher les gaz. En commençant l'expérience, l'eau des calorimètres marquait $+ 5^{\circ},55$ centig.; celle de l'appareil d'échauffement $+ 65^{\circ},24$. Voici les résultats :

Température du calorimètre *A*, à travers lequel passait l'acide carbonique.	Température du calorimètre *B*, à travers lequel passait l'air atmosphérique.	Chaleur spécifique de l'acide carbonique, déduite de la comparaison des changemens de température, celle de l'air étant 10000.
N° 1.		
Au commencement de l'expérience, + 5°,55 centig.	+ 5°,55	
Après 15 minutes, + 20,05	+ 20,44	9730
N° 2.		
Au commencement, + 5°,58	+ 5°,58	
Après 15 minutes, + 19,16	+ 19,27	9919
N° 3.		
Au commencement, + 5°,55	+ 5°,55	
Après 40 minutes, + 21,94	+ 21,89	10035
N° 4.		
Au commencement, + 7°,22	+ 7°,22	
Après 35 minutes, + 20,14	+ 20,12	10021
N° 5.		
Au commencement, + 7°,60	+ 7°,63	
Après 25 minutes, + 17,55	+ 17,58	10000 (1).

(1) J'ai conservé, dans cette colonne, les chaleurs spécifiques telles que l'auteur les a déduites des augmentations de température des calorimètres exprimées en degrés Fahrenheit. Pour que les degrés centigrades donnassent les mêmes résultats jusqu'au dernier chiffre, il aurait fallu, dans la transformation, tenir compte des millièmes de degré : exactitude que les observations ne comportent pas.

Les expériences n°. 1 et n°. 2 paraissent indiquer que l'acide carbonique a une capacité inférieure à celle de l'air. Les trois autres cependant, qui diffèrent à peine entre elles, donnent, par une moyenne, des capacités égales. J'imagine que l'erreur des deux premières observations tient à ce que les gaz n'étaient pas parfaitement desséchés.

Dans mes expériences de l'an dernier, j'eus l'occasion de remarquer que si le gaz acide carbonique n'avait pas été soumis durant 35 minutes, au moins, à l'action desséchante du muriate de chaux, il ne semblait point avoir la même capacité que l'air. Comme il n'en est pas de même à l'égard des autres gaz, je tire de là cette conséquence que l'acide carbonique a une plus forte affinité pour la vapeur d'eau.

L'eau de chaux m'avait montré que le gaz renfermé dans le gazomètre contenait 99 pour cent d'acide carbonique. Après l'expérience, je trouvai, par le même moyen, en extrayant le gaz de l'appareil, que celui sur lequel on avait opéré contenait 90 pour cent d'acide.

Les températures des gaz, à leur entrée dans les calorimètres, étaient égales entr'elles. Il est cependant digne de remarque que ces températures paraissaient de plusieurs degrés inférieures à celles de l'eau contenue dans l'appareil d'échauffement que ces gaz traversaient. Mais on expliquera aisément cette circonstance, en considérant qu'un thermomètre ne peut jamais donner exactement la température du gaz dans lequel il est plongé, à cause que ce gaz ou cette vapeur sont perméables au calorique qui rayonne de tous les objets environnans. D'après cela, on voit que si les thermomètres indi-

quaient une température inférieure à celle des gaz, c'est parce qu'ils étaient placés très-près des calorimètres renfermant de l'eau plus froide que ces gaz, d'environ 55° centig. Par la même raison, les gaz, à leur sortie, semblaient être à une température moins élevée que les calorimètres eux-mêmes, car ceux-ci étaient plus chauds que les objets environnans.

Expériences sur le Gaz oxigène.

Après avoir rempli la partie *A* de l'appareil avec du gaz oxigène tiré de l'oxide noir de manganèse, et tout disposé comme dans les expériences précédentes, j'obtins les résultats que voici :

	Température du calorimètre *A*, contenant du gaz oxigène.	Température du calorimètre *B*, contenant de l'air atmosphérique.	Capacités conclues.
	N° 1.		
Au commencement de l'expérience,	+ 7°,38 centig.	+ 7°,36 centig.	
Après 5 minutes,	+ 16,54	+ 16,52	10000
Après 10 minutes,	+ 19,50	+ 19,47	10000
Après 15 minutes,	+ 21,66	+ 21,61	10019
Après 20 minutes,	+ 23,58	+ 23,58	9982
	N° 2 (1).		
Au commencement de l'expérience,	+ 13°,66	+ 13°,55	
Après 10 minutes,	+ 18,97	+ 18,96	10000
Après 15 minutes,	+ 21,66	+ 21,21	10000
Après 20 minutes,	+ 23,44	+ 23,39	10000

(1) Je soupçonne qu'il s'est glissé quelques petites erreurs dans le tableau original d'où celui-ci est déduit; particulièrement dans la 3me ligne, qui correspond à 15 minutes.

Les gaz, à leur entrée dans les calorimètres, étaient l'un et l'autre à + 58°,33. Le gaz du gazomètre, avant son introduction dans l'appareil, contenait, d'après des essais faits avec du sulfure de chaux, 98 pour cent d'oxigène; après avoir terminé l'expérience, je reconnus que celui sur lequel j'avais opéré contenait 91 pour cent d'oxigène pur.

Expériences sur le Gaz hydrogène.

Je me procurai l'hydrogène à l'aide de la décomposition de l'eau opérée par l'acide sulfurique et le zinc. Après avoir rempli les deux calorimètres d'eau au même degré du thermomètre, j'y fis passer, comme à l'ordinaire, l'air et l'hydrogène; mais ici je continuai l'opération jusqu'à ce que la température des deux calorimètres cessât de monter, ou plutôt jusqu'au moment où elle commença à baisser. Il est clair que cela arrive quand la chaleur communiquée par les gaz est exactement égale à celle dont s'emparent les corps froids environnans. Le nombre de degrés de température que chaque gaz communique et maintient dans son calorimètre, indique à quel point il jouit de la faculté de donner de la chaleur, et par conséquent sa capacité.

La température du calorimètre *A*, au commencement de l'expérience, était d'environ + 10° centig.; après 105 minutes, elle avait monté jusqu'à + 28°,19. La température du calorimètre *B* contenant de l'hydrogène, après le même intervalle de temps, se trouva de + 28°,05. Les corps environnans étaient à + 15°,8. Les résultats précédens donnent 0,9864 pour la capacité de l'hydrogène comparée à celle de l'air. Ce nombre diffère si

peu de l'unité, qu'on peut regarder les deux capacités comme étant réellement égales, surtout si l'on prend en considération la plus rapide faculté échauffante de l'hydrogène au commencement de l'expérience, et la lenteur de son refroidissement à la fin. Tout ceci deviendra évident à l'inspection du tableau suivant.

	Température de *A*, contenant de l'air atmosphérique.	Température de *B*, contenant de l'hydrogène.
Au commencement...	+ 10°,00 centig.	+ 10°,00 centig.
Après 5 minutes.....	+ 15,00	+ 14,78
10 minutes.....	+ 19,89	+ 19,83
15 minutes.....	+ 22,10	+ 21,20
20 minutes.....	+ 23,89	+ 22,89
25 minutes.....	+ 25,44	+ 24,44
30 minutes.....	+ 26,11	+ 25,16
35 minutes.....	+ 27,00	+ 25,83
40 minutes.....	+ 27,55	+ 26,74
45 minutes.....	+ 28,00	+ 27,21
50 minutes.....	+ 28,33	+ 28,02
55 minutes.....	+ 28,36	+ 28,00
60 minutes.....	+ 28,39	+ 28,11
65 minutes.....	+ 28,41	+ 28,22
70 minutes.....	+ 28,22	+ 28,05

N° 2.

	Air.	Hydrogène.	
Au commencement,	+ 9°,67 centig.	+ 9°,64 centig.	
Après 5 minutes,	+ 12,94	+ 13,05	10500
10 minutes,	+ 15,56	+ 15,78	10424
15 minutes,	+ 18,05	+ 18,00	9950
20 minutes,	+ 19,50	+ 19,50	10000
25 minutes,	+ 20,67	+ 20,64	10000

Cette dernière série a été faite comme les précédentes.

Après toutes les expériences, le gaz sur lequel j'avais opéré paraissait contenir 88 pour cent d'hydrogène : j'obtins ce résultat en faisant détoner le gaz avec des mélanges d'oxigène.

On observera, dans les deux tables précédentes, que la petite quantité de vapeur aqueuse dont on peut supposer que l'hydrogène était imprégné au commencement de l'expérience, et qui a dû diminuer par une plus longue exposition à l'action desséchante du muriate de chaux, a paru produire un effet tout opposé à ce qu'on aurait attendu, c'est-à-dire que cette vapeur a *diminué* la capacité du gaz. Ainsi, dans l'expérience n°. 1, à la fin de la cinquième minute, la capacité du gaz était 0,9222 de celle de l'air, résultat fort peu différent de celui que MM. de Laroche et Bérard ont obtenu ; mais à mesure que le temps écoulé depuis l'introduction de l'hydrogène devint plus long, la chaleur spécifique s'approcha graduellement de celle de l'air, et à la fin de l'expérience la différence n'était plus sensible.

Dans l'expérience n°. 2, j'employai le même gaz, mais je l'avais préalablement desséché autant que possible : aussi, depuis le commencement de l'opération jusqu'à la fin, les capacités furent égales à celles de l'air. J'avais pris, du reste, tous les soins pour éviter les moindres causes d'erreur : en entrant dans les calorimètres, l'air et l'hydrogène étaient bien exactement au même degré du thermomètre.

Azote.

Je dirai seulement, relativement à l'azote, que des expériences exécutées l'an dernier et parfaitement d'ac-

cord entre elles, m'avaient donné, à égalité de volume, une chaleur spécifique équivalente à celle de l'air, jusqu'aux millièmes près. Il m'a donc semblé qu'il n'était pas nécessaire de les recommencer.

Hydrogène carburé.

Mes premières expériences sur l'hydrogène carburé tiré du charbon de terre (*sea-coal*), conduisaient à admettre qu'il avait la même capacité que l'air atmosphérique; mais j'ai trouvé depuis que cette capacité varie extrêmement, suivant la manière dont le gaz a été obtenu. Comme je viens de le dire, la capacité de l'hydrogène carburé tiré du *sea-coal* est à-peu-près égale à celle de l'air; tandis que le gaz produit par la décomposition des graisses animales a une capacité beaucoup plus grande. On verra cependant, d'après les expériences suivantes, que la grande capacité du gaz oléfiant est due à une vapeur empyreumatique ou éthérée avec laquelle il est ordinairement mêlé.

N° 1.

Cette expérience a été faite comme le n° 1 du gaz hydrogène. La partie *B* de l'appareil était remplie de gaz oléfiant tiré du grand gazomètre d'une des compagnies d'éclairage. Au commencement, l'eau des calorimètres se trouvait à + 10°,0 centig. Après 50 minutes, *A* et *B*, parvenus à leur *maximum* de température, marquaient respectivement + 33°,52 et + 34°,22. Le milieu environnant était à + 19°,11.

N° 2.

Température des calorimètres au commencement de

l'expérience, + 11°,25 centig. Après 55 minutes, *A* était monté à + 33°,61, et *B* jusqu'à + 34°,56. En prenant la moyenne entre ces nombres et ceux de l'expérience précédente, on trouve, pour la capacité spécifique du gaz oléfiant, 10559. Quoique ce résultat ne soit pas rigoureusement d'accord avec ceux que j'avais plus anciennement obtenus, la différence est légère, et peut être attribuée à ce que mon premier gaz était plus dépouillé de vapeur empyreumatique. Cette explication deviendra probable par les expériences suivantes.

N° 3.

Je remplis *B* de gaz hydrogène carburé obtenu par la distillation de la graisse de mouton. Les calorimètres renfermaient de l'eau à + 10°,42 centig. Après 40 minutes, celle que contenait le calorimètre traversé par l'hydrogène carburé était parvenue au *maximum* de température : son thermomètre marquait + 35°,00 centig. L'autre (le thermomètre du calorimètre que traversait l'air) n'avait monté que jusqu'à + 31°,39. Le milieu ambiant était à + 18°,39. Ces nombres donnent 12777 pour le calorique spécifique du gaz oléfiant.

Ce gaz, quand on se le procure par la décomposition des graisses, contient une quantité notable de vapeur empyreumatique : voilà pourquoi j'ai trouvé un si grand résultat, comparativement à celui qu'avait donné le gaz tiré du *sea-coal*.

N° 4.

Je répétai l'expérience précédente, mais en employant le gaz obtenu par la décomposition de l'alcool opérée à

l'aide de l'acide sulfurique. Après 25 minutes, le calorimètre *A* était à $+ 23^{\circ},44$, et *B* à $+ 23^{\circ},94$. Les milieux environnans étaient à $+ 12^{\circ},22$. On déduit de ces nombres 10643 pour la capacité du gaz oléfiant employé.

N° 5.

En répétant cette expérience, je trouvai 10674; la moyenne entre les n°s 4 et 5 est donc 10658, résultat peu différent de celui qu'a donné le gaz oléfiant tiré du *sea-coal*.

N° 6.

Desirant établir si la vapeur éthérée ou empyreumatique contenue dans le gaz oléfiant modifiait sa chaleur spécifique, je versai quelques gouttes d'éther sulfurique dans la partie de l'appareil qui renfermait l'air, afin que celui-ci se trouvant saturé de vapeur comme le gaz oléfiant, on pût apprécier l'influence qu'exerce cette circonstance sur le résultat final. Après 40 minutes, les deux calorimètres avaient acquis une température de $+ 29^{\circ},53$ centig.; le milieu ambiant était à $+ 16^{\circ},22$. On peut donc tirer de là la conclusion, que c'est la vapeur éthérée, combinée avec le gaz oléfiant, qui augmente sa capacité spécifique.

Expériences sur l'air provenant de la respiration.

Plus de dix expériences, faites l'an dernier, prouvaient que des mélanges d'air et d'acide carbonique, conservés un certain temps sur une nappe d'eau à $+ 37^{\circ},8$ centig. de température, avaient une capacité

pour la chaleur, inférieure à celle de l'air atmosphérique pris dans des circonstances ordinaires. Ce fait me paraissant propre à jeter quelque jour sur les phénomènes de la respiration animale, j'ai cherché à l'analyser en remplissant la partie *B* de l'appareil avec de l'air tiré des poumons, tandis que *A* renfermait de l'air ordinaire.

N° 1.

Je maintins, à l'aide d'une lampe, l'appareil d'échauffement à un degré de chaleur compris entre + 36°,4 centig. et + 37°,80. Après que 35 minutes se furent écoulées, le calorimètre à travers lequel passait l'air respiré avait atteint la température de + 15°,11; l'autre était parvenu jusqu'à + 16°,22. Dans le milieu ambiant, le thermomètre marquait + 12°,31. De là, on déduit, pour la capacité de l'air respiré, le nombre 6875, celle de l'autre étant 10000.

N° 2.

Dans une répétition de l'expérience précédente, l'eau du calorimètre *A* s'éleva de + 13°,39 centig. à + 14°,72, et celle de *B* de + 13°,41 à + 14°,33, ce qui donne pour la capacité de l'air provenant de la respiration, comme dans l'autre épreuve, 6875.

Il ne sera pas inutile de dire ici que, dans mes premières expériences, des mélanges d'acide carbonique et d'air commun, sous différentes conditions de température et d'état hygrométrique, avaient pour capacités relatives 3333, 6666, 9999 et 13333. J'avais formé le projet de chercher quelles sont précisément les circonstances qui amènent de tels changemens de capacité;

mais diverses occupations ne m'ont pas permis de l'exécuter. On remarquera toutefois que l'air respiré sur lequel j'ai opéré dans les expériences marquées n°s 1 et 2, correspond à la seconde série des anciennes, si l'on tient compte des différences dans le gaz qui servait de terme de comparaison ; car ce gaz, pour les n°s 1 et 2, était de l'air atmosphérique parfaitement desséché, tandis que, dans les expériences plus anciennes, cet air conservait une certaine quantité d'humidité.

Il existe une coïncidence curieuse entre les capacités déduites de cette ancienne série d'expériences, pour des mélanges, en diverses proportions, des gaz et de vapeur d'eau, et les forces expansives de l'air combiné aussi avec différentes proportions de vapeur aqueuse. Je me procurai un globe de verre contenant un peu de mercure, auquel un petit tube était adapté, de manière que ce liquide s'y élevait aussitôt que l'air renfermé dans le globe acquérait plus d'élasticité. Cet air était d'abord à la température de + 15°,56. Je plongeai le globe dans de l'eau bouillante : en peu d'instans, le mercure monta de 7 pouces dans le petit tube. Dans une autre épreuve faite quelques mois après, le mercure monta de 14 pouces. Je répétai l'expérience, mais après avoir jeté quelques gouttes d'eau dans le globe : l'immersion dans l'eau bouillante détermina alors une ascension du mercure de 21 pouces. Quand la quantité de liquide était suffisante, cette ascension s'élevait jusqu'à 28 pouces. Ainsi, l'air, mêlé à de la vapeur d'eau, a eu des forces élastiques exprimées par 7, 14, 21 et 28 pouces de mercure : c'est sur ce principe que j'ai construit un thermomètre à air.

Sa forme est celle du thermomètre différentiel, inventé par M. Leslie. Une des boules contient de l'air desséché à l'aide du muriate de chaux; l'autre renferme de l'air à l'état ordinaire. Entre ces deux boules existe une colonne d'huile de térébenthine volatile. Aussitôt que la température de l'atmosphère augmente, la colonne liquide monte du côté de la boule sèche. J'ai trouvé cependant qu'après un certain temps, l'instrument perd cette propriété, et qu'après un temps plus long, la boule de l'air sec acquiert une plus grande force expansive. J'explique cet effet, en supposant que, à la longue, la vapeur de térébenthine se mêle à cet air : alors l'instrument devient extrêmement sensible; mais les degrés ont des longueurs très-inégales et qui paraissent varier avec le temps. J'imagine que deux boules de platine, communiquant de la même manière, formeraient, si on mettait un peu de mercure dans l'une d'elles, un pyromètre exact, propre à donner la mesure des températures jusqu'à la fusion du platine.

Il y a une autre circonstance qui peut faire considérablement varier la chaleur spécifique de l'air : je veux parler de ses changemens de densité, soit qu'ils proviennent de la pression ou de toute autre cause. On s'est servi très à propos de cette augmentation de capacité des couches atmosphériques de moins en moins pressées, pour expliquer le froid extrême qui règne dans les régions élevées. Les capacités croissantes sous l'action des pressions mécaniques n'expliquent pas moins naturellement le dégagement de chaleur dont ces pressions sont toujours accompagnées. J'ignore si on s'est appuyé sur les mêmes principes pour rendre compte de la chaleur

intense produite pendant la combustion de la poudre et d'autres mélanges explosifs ; cependant, en réfléchissant un moment sur ce phénomène, nous verrons que la résistance qu'opposera l'atmosphère à l'expansion des gaz naissans résultant de la combustion, les maintiendra dans un état de densité supérieur à celui qui existera quand l'atmosphère aura cédé. C'est dans ce premier moment de compression que la chaleur se dégagera. Aussitôt que les produits gazeux se dilateront, il y aura, au contraire, absorption de calorique. Afin de reconnaître s'il y a un constant dégagement de chaleur pendant la combustion de la poudre, je fis l'expérience que voici :

Je plaçai un vase du volume de 528 pouces cubes, rempli d'eau à la température de $+11^{\circ},11$, sur une cuve pneumatique ; l'atmosphère environnante était aussi à $+11^{\circ},11$. J'y introduisis ensuite 240 pouces du fluide aériforme produit durant la combustion de cette composition particulière dont on se sert dans les feux pyrotechniques. Après l'explosion, le gaz, dans la partie supérieure du récipient, était à environ $+12^{\circ},2$ centig., et l'eau pas tout-à-fait aussi chaude. Il résulte de là que la chaleur dégagée durant la combustion de la poudre n'est pas aussi grande qu'on l'avait imaginé. De plus, si nous considérons qu'il n'a point été prouvé, par des expériences directes, que les produits de la combustion de la poudre n'ont pas une plus grande capacité que les élémens dont elle est formée, le phénomène du dégagement de chaleur qui accompagne sa combustion ne peut point être présenté comme une objection contre les hypothèses de Black et de Crawford. Il paraît, en

effet, probable, d'après les tables de chaleurs spécifiques, que les produits gazeux de la poudre ont moins de capacité que les corps solides dont elle est composée. Par exemple, l'azote, qui forme les deux tiers de ces produits gazeux, a une capacité égale à 2669; et l'acide carbonique, qui y entre pour un tiers, si mes expériences sont exactes, a une capacité de 1751 seulement, l'eau étant 10000. L'acide nitrique de 1,1354 de pesanteur spécifique a pour capacité 5760. Conséquemment, l'azote et l'oxigène qui sont produits par la décomposition d'un des élémens de la poudre, n'ayant pas une chaleur spécifique égale à la moitié de celle de cet élément, doivent, d'après l'hypothèse de Black, donner naissance à un dégagement de chaleur. Ceci peut avoir lieu, même en faisant la part de la moindre capacité de l'acide nitrique dans le nitrate de potasse.

La compression peut aussi contribuer à augmenter la chaleur qui se développe dans les fourneaux sur lesquels on dirige l'embouchure d'un soufflet. Cette chaleur, comme le savent tous ceux qui ont étudié le phénomène, n'est pas proportionnelle au combustible consumé : le rapport est plus composé. Voici comment je l'explique : 1° une certaine quantité d'air est poussée sur les charbons incandescens; sa température devient aussitôt très-élevée; 2° dans cet état, si ce n'*était* la pression du gaz affluent, l'air se serait dilaté subitement; 3° si cette dilatation avait eu lieu, l'air, en acquérant une plus grande capacité, aurait absorbé une partie très-notable de la chaleur produite par la combustion, et aurait ainsi diminué son intensité; 4° mais la pression produite par le courant du soufflet empêchant l'air

de se dilater autant que l'augmentation de température semblerait l'exiger, l'absorption du calorique est affaiblie, et une plus grande portion de celui que la combustion engendre devient libre. Ainsi, quoique la quantité de chaleur résultante immédiatement de la combustion puisse être proportionnelle au combustible employé, cependant l'intensité de la chaleur thermométrique, au moment et à la place où la combustion s'opère, sera dans un rapport plus composé : directement comme la pression atmosphérique, et inversement comme le temps de la dilatation de l'air poussé par le soufflet. Ces temps sont conséquemment comme l'intensité du courant produit par le soufflet. Ainsi, tout considéré, la chaleur, là où la combustion s'effectue, sera en raison composée de la quantité de combustible employé, du poids de l'atmosphère, et de la quantité d'air poussé par le soufflet dans un temps donné. La même règle s'appliquera à ce qu'on appelle fourneaux-cheminées (*chimney-furnaces*). On a trouvé, par expérience, que les fourneaux des machines à vapeur à travers lesquelles il passe une plus grande quantité d'air dans un temps donné, consument proportionnellement une moindre quantité de combustible pour produire un effet déterminé. Probablement des fourneaux à soufflet pourraient être avantageusement employés pour obtenir, à cet égard, de l'économie dans l'usage de ces puissantes machines.

Quoique, d'après les expériences précédentes, l'oxigène et l'acide carbonique, en opposition avec ce que je croyais, aient, à égalité de volume, la même chaleur spécifique, il ne s'ensuit point cependant qu'en formant l'acide par combustion, il ne devra pas se dégager

de chaleur. Dans cette formation, deux élémens s'unissent en un composé dont la capacité est égale à celle d'un des élémens, savoir, à celle du gaz oxigène : par conséquent, la chaleur absolue du charbon toute entière a dû devenir libre.

Il découle directement de mes expériences, relativement à tous les gaz dont je me suis servi, 1°. que les chaleurs spécifiques sont entre elles en raison inverse des densités des gaz; 2°. que les vapeurs aqueuses ou de toute autre nature, combinées avec les gaz, altèrent leurs chaleurs spécifiques, de manière que, dans quelques cas, les effets sont en progression arithmétique, quand la force élastique du mélange varie suivant une semblable progression. Le résultat qui intéressera le plus les physiologistes est que l'air respiré à des températures comprises entre + 38°,05 centig. et + 35°,00 a une chaleur spécifique inférieure à celle de l'atmosphère. Plusieurs expériences, dont je n'ai pas rapporté les détails, prouvent qu'à + 38°,89 centig. et au-dessus, et qu'à 32°,78 et au-dessous, ce même air a une capacité égale à celle de l'atmosphère. J'éprouverais quelque hésitation à annoncer ces résultats si des expériences souvent répétées durant plusieurs mois ne garantissaient les conclusions que j'en ai tirées.

(*Note du Rédacteur.*) L'idée que tous les gaz, à égalité de volume et de pression, ont la même capacité pour la chaleur, avait déjà, très-anciennement, été admise par M. Gay-Lussac (*Ann. de Chim.*, tom. LXXXI, p. 98). Plus tard, de nouvelles expériences, *id.* LXXXIII, p. 106,

lui firent penser que cette loi n'était pas exacte; et cela résulte aussi du travail de MM. de Laroche et Bérard. M. Haycraft a cru trouver, dans la vapeur d'eau qui a été constamment mêlée avec les gaz, dans les expériences de ces deux derniers physiciens, la cause des erreurs qu'il leur attribue; il semblerait même, d'après la manière dont il s'exprime, que les gaz, en s'échauffant, puisaient dans l'appareil de la vapeur d'eau, qu'ils abandonnaient ensuite, en se refroidissant dans le calorimètre. Mais on peut voir, *Annales de Chimie*, tome XCVIII, que les opérations étaient combinées de manière à ôter toute crainte à cet égard. Il faut encore ajouter que MM. Laroche et Bérard ont opéré à une température moyenne de 9° centig. : or, la quantité de vapeur que les gaz pouvaient contenir à cette température devait être très-faible, et, dans tous les cas, il semble qu'elle n'aurait dû agir que comme gaz mélangé. Il est vrai que, à en croire M. Haycraft, il suffit d'une petite quantité de vapeur pour altérer considérablement la capacité d'un gaz : cela résulte particulièrement de ses expériences sur l'hydrogène carburé et sur l'air respiré; mais je me trompe fort si les physiciens ne jugent pas que cette partie de son intéressant travail devra être encore le sujet de quelques vérifications. Dans le cas où l'on trouverait que les assertions du savant anglais sont fondées, les nombres de MM. de Laroche et Bérard ne pourraient pas être adoptés, puisque, comme nous l'avons dit, tous les gaz sur lesquels ils ont opéré étaient mêlés à une certaine quantité de vapeur aqueuse; dans le cas contraire, il serait difficile de choisir entre des résultats d'expériences qui, examinées en détail, paraissent également dignes

de confiance. Peut-être pourrait-on desirer que M. Haycraft, s'il recommence ses essais, plaçât successivement les gaz dans les deux parties de l'appareil qu'il appelle *A* et *B* : leur parfaite identité, non-seulement quant à la masse et à la surface, mais encore quant au *poli*, se trouverait ainsi établie *pour toute la durée des expériences*.

Je ne terminerai pas cette note sans rappeler que MM. Petit et Dulong avaient déjà trouvé, dans les propres expériences de MM. de Laroche et Bérard, des argumens pour établir que tous les *gaz simples*, à égalité de volume et de pression, ont exactement la même capacité ; mais ils n'avaient pas cru devoir étendre cette loi aux gaz composés, comme le fait M. Haycraft. (Voyez *Annales de Chimie et de Physique*, tome x.)

EXTRAIT *d'un Mémoire sur les Mortiers hydrauliques*.

Par M. le Colonel du Génie TREUSSART.

(Tiré du *Mémorial de l'Officier du Génie*.)

LE Mémoire dont nous venons de transcrire le titre renferme les résultats d'un grand nombre d'expériences. Il est très-étendu, et plusieurs des résultats se rapportent à des localités particulières. Par ces divers motifs, nous nous bornerons à citer ici ceux qui ont quelque généralité, en rendant toutefois justice au travail de M. Treussart, qui nous paraît avoir une grande utilité.

On a évalué la force des mortiers, après un an de conservation dans l'eau, par les poids, placés sur leur milieu, que peuvent supporter avant de se rompre, des parallélipipèdes de 15 centimètres de longueur sur 5 d'écarissage, portés sur deux barres de fer horizontales, distantes entre elles de 10 centimètres. On a pris pour terme de comparaison des briques communes de Strasbourg, ramenées aux dimensions que l'on vient de donner : elles ont supporté un poids moyen de 210$^{k.}$ avant de se rompre. Les mortiers hydrauliques ne doivent être considérés comme bons que lorsqu'ils peuvent, au bout d'un an, supporter environ 200$^{k.}$ avant de se rompre. Ceux qui ont acquis une résistance égale à 210$^{k.}$ sont susceptibles d'acquérir avec le temps une résistance égale à celle des pierres ordinaires.

La chaux maigre d'Alsace et celle de Metz ne donnent avec le sable ou le trass seuls qu'un mortier médiocre. Ces mêmes chaux, éteintes avec un peu d'eau, de manière à obtenir un poudre sèche, et mêlées en volume avec $\frac{3}{4}$ ou 1 de sable et autant de trass, donnent, au contraire, de très-bons résultats.

La chaux maigre, éteinte de manière à former pâte, doit être employée sur-le-champ, à cause de la propriété qu'elle a de se durcir très-promptement; éteinte seulement en poudre sèche, en y ajoutant $\frac{1}{5}$ de son volume d'eau, on peut en faire du mortier pendant plusieurs mois.

Les chaux exposées à l'air, déjà éteintes ou non éteintes, perdent presque toutes leurs propriétés hydrauliques au bout de 3 à 4 mois, sans cesser cependant de faire de bons mortiers avec un mélange de sable et de trass. L'auteur

croit avoir reconnu à cette occasion que la chaux, en passant à l'état d'hydrate, absorbe de l'oxigène. C'est un résultat qui mérite d'être vérifié.

Chaux hydrauliques artificielles. M. Treussart n'a pu réussir à produire une bonne chaux maigre en suivant toutes les formules connues. Le manganèse, le fer et la magnésie n'ont donné aucun résultat hydraulique. La silice, la terre blanche très-alumineuse et les terres ochreuses ont donné des mortiers hydrauliques, mais d'une très-faible résistance. Une seule terre argileuse a donné un résultat passable : c'est celle de Holsheim près de Strasbourg, dans laquelle on trouve des débris de végétaux.

La chaux hydraulique faite avec les galets de Boulogne durcit très-promptement ; mais les mortiers faits avec cette chaux n'acquièrent pas une grande consistance. Des poids de 50 à 80$^{k.}$ ont suffi pour les rompre. Ils ne supportent pas un mélange avec le sable.

Des essais pour imiter par la synthèse les galets de Boulogne n'ayant pas eu de résultats satisfaisans, M. Treussart a soupçonné que l'analyse n'avait pas fait connaître tous leurs principes. Il croit avoir reconnu qu'ils contiennent de la soude, et même quelques-uns de la potasse. Des chaux hydrauliques qu'il a obtenues en faisant cuire un mélange de chaux, d'argile et d'une très-petite quantité de soude, comparativement avec un mélange sans alcali, l'ont confirmé dans son opinion. C'est à la présence de la potasse ou de la soude dans la terre de Holsheim, qui contient des débris de végétaux, qu'il attribue les meilleurs résultats qu'il a obtenus avec cette terre. Il pense, d'ailleurs, que la théorie des mortiers hydrauliques n'est pas encore parfaitement connue,

et qu'il est bien difficile de faire artificiellement de bonnes chaux hydrauliques.

Pouzzolanes et trass naturels et artificiels. Les pouzzolanes d'Italie donnent, en général, de meilleurs mortiers que les trass; mais la différence n'est pas assez grande pour qu'on doive préférer l'emploi de la pouzzolane lorsqu'on peut se procurer le trass à meilleur marché.

Des essais nombreux sur la fabrication des trass ont fait reconnaître à M. Treussart que tous les mélanges qui contenaient environ un dixième ou une plus grande quantité de carbonate de chaux demandaient à être peu calcinés pour se changer en trass; et que, lorsqu'ils l'étaient trop, ils en perdaient entièrement les propriétés. Les mélanges, au contraire, qui ne contenaient point ou que très-peu de chaux exigeaient une forte calcination. 4 ou 5 centièmes de chaux dans les terres argileuses produisent un effet avantageux; la cuisson exige moins de chaleur et le durcissement du mortier est plus prompt. Le fer ne paraît pas un élément essentiel dans la confection des pouzzolanes ou des trass. Une terre alumineuse presque pure a donné un bon trass; mais on a reconnu que les meilleures terres argileuses sont celles qui contiennent à-peu-près autant de sable que d'alumine. Si l'on se borne à mélanger les substances sans y ajouter d'eau pour en faire une pâte, on a des résulats beaucoup moins avantageux.

Pour fabriquer des trass ou des pouzzolanes, M. Treussart propose de corroyer les terres de la même manière qu'on le fait pour les briques. Si l'argile qu'on emploie contient plus d'un dixième de carbonate de chaux, on en fera de grosses briques, qu'on placera dans l'endroit

du four où l'on met ordinairement les tuiles, qui sont exposées à un degré de chaleur moins grand que les briques. Si l'argile ne contient presque point de chaux, on en fera des briques de petit échantillon, et on les placera dans l'endroit où on fait cuire les briques.

Lorsque les briques ont été calcinées au degré convenable, il faut les broyer très-fin, et les passer à travers un tamis de fil métallique très-serré. Plus le trass est fin, mieux il vaut.

L'auteur pense que dans l'état actuel de nos connaissances, on ne doit point faire de chaux hydrauliques artificielles, attendu les circonstances suivantes : 1°. elles reviendraient à un prix très-élevé dans les pays où l'on serait obligé de faire subir une seconde cuisson à la chaux, et par la difficulté de bien faire en grand le mélange de l'argile ; 2°. toutes les terres argileuses ne sont pas propres à la confection des chaux hydrauliques artificielles ; 3°. ces chaux perdent facilement une grande partie de leurs propriétés hydrauliques par une cuisson un peu trop forte, et par l'action qu'elles exercent sur l'air, qui les ramène en peu de temps à l'état de chaux commune ; 4°. enfin, les résultats qu'on obtient par ce moyen sont de beaucoup inférieurs à ceux qu'on peut obtenir d'une manière plus facile au moyen des trass factices. Le résultat moyen des mortiers faits avec les bonnes chaux hydrauliques naturelles et du sable est de moitié inférieur à celui des mortiers qui sont faits avec les chaux communes, du sable et du trass factice.

L'auteur fait observer qu'on ne fait des chaux hydrauliques artificielles que pour faire des mortiers qui aient la propriété de durcir dans l'eau. Puisqu'on obtient ce

résultat directement avec les chaux communes et le trass factice, et que ce résultat est le meilleur, il pense que c'est le moyen qu'il est le plus avantageux de suivre. Les chaux communes sont à-peu-près les mêmes partout, et ne sont point exposées, comme les chaux hydrauliques, à perdre une grande partie de leurs propriétés par une cuisson trop forte; inconvénient qu'il est difficile d'éviter pour une partie de la chaux d'une fournée.

M. Treussart donne dans son mémoire, sous forme de tableaux, les résultats de ses nombreuses expériences: plusieurs d'entre elles confirment celles que M. Vicat avait faites précédemment ; d'autres leur sont contraires. Cette différence peut provenir en partie de la nature des substances qui ont été employées. Quoi qu'il en soit, M. Treussart n'en rend pas moins justice aux utiles travaux de M. Vicat, qui a rendu un grand service à l'art des constructions, en publiant ses recherches sur les mortiers.

ANALYSE *de la partie corticale de la racine de l'*Aylanthus glandulosa, *cultivé en France.* (Vernis du Japon.)

(Extrait d'une Note lue à la Société philomatique.)

PAR M. PAYEN.

L'EMPLOI successif ou combiné de l'eau, l'alcool, l'éther, etc., en variant l'ordre de leur réaction sur la substance ci-dessus, m'a permis d'en isoler les produits suivans.

Ligneux, *eau*, *amidon*, *gomme*, *gelée végétale* (1), *substance amère*, soluble dans l'eau et l'alcool; *résine aromatique*, *matière verte* analogue à la chlorophylle, *substance aromatique* soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther, d'une odeur de vanille très-prononcée; *matière grasse*, *matière azotée* soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool; *substance végétale* analogue à la *fungine*, mais non azotée; *principe colorant* jaune, traces d'*huile essentielle* d'une odeur forte et vireuse, traces d'*acide citrique*, *silice*, et quelques *sels*.

Tous les détails de cette analyse seraient trop étendus pour être rapportés ici; je décrirai seulement quelques-uns des caractères les plus saillans de plusieurs des produits qu'elle a présentés.

La *substance aromatique*, plus soluble dans l'alcool que dans l'eau et l'éther, est remarquable par l'analogie frappante que l'on observe entre son odeur et celle de la vanille; il est difficile de l'éliminer complètement de tous les produits de cette analyse auxquels elle se trouve mêlée. Si elle était en plus grande proportion, on pourrait songer à l'extraire économiquement pour suppléer à la substance précieuse dont elle offre l'odeur agréable.

La *résine aromatique* répand une odeur suave lorsque, projetée sur un fer chaud, elle s'exhale dans l'air en vapeurs blanchâtres.

---

(1) Insoluble dans l'eau et dans l'alcool à froid et à chaud; soluble dans l'ammoniaque, qui s'y combine en cessant d'être *alcaline*, précipitée par l'acide sulfurique dont un léger excès la rend un peu soluble, etc.

L'*huile essentielle*, en très-faible proportion dans cette écorce, parait cependant lui communiquer l'odeur vireuse très-forte qui la caractérise.

La *gelée végétale*, insoluble dans l'eau et l'alcool, forme avec l'ammoniaque une combinaison soluble dans l'eau, qui, rapprochée et desséchée à l'air à l'aide d'un corps hygrométrique, se forme en plaquettes transparentes, blanchâtres, cassantes, *inaltérables* à l'air sec ou humide. Humectée, elle ne donne pas de traces d'*alcalinité* au tournesol rougi, et développe de l'ammoniaque en quantité très-sensible à l'odorat et aux divers réactifs qui démontrent sa présence (les teintures végétales, la solution de platine). Cette combinaison étant dissoute dans l'eau, on en peut séparer la gelée avec toutes ses propriétés si l'on sature l'ammoniaque par l'acide sulfurique; un léger excès de celui-ci rend cette substance un peu soluble dans l'eau; une addition de carbonate de chaux la rend insoluble dans l'eau chaude ou froide; on la redissout aisément par l'ammoniaque, et l'on obtient ainsi, de nouveau, la combinaison ci-dessus décrite, d'où on peut encore précipiter la substance gélatineuse non azotée avec les mêmes caractères. La petite quantité que j'ai obtenue de cette matière ne m'a pas permis de la soumettre à un plus grand nombre d'essais; les propriétés que je lui ai reconnues pourront toutefois servir à l'étudier mieux lorsqu'on l'obtiendra en quantité plus considérable.

Quelques essais entrepris lorsque j'observais cette *combinaison gélatineuse*, dans le but de m'assurer si le précipité d'ichtyocolle par le tannin de la noix de galles aurait quelque analogie avec elle, m'ont donné lieu d'ob-

server que ce précipité était complètement soluble dans un excès d'ammoniaque, et que la noix de galles contenait trois principes colorans faciles à séparer, mais en très-petite proportion : un rouge, un autre jaune, et un troisième vert.

La matière végétale analogue à la *fungine* dans cette analyse, a présenté tous les caractères que M. Braconnot a assignés à la fungine, avec cette différence, qu'après l'avoir précipitée deux fois et lavée complètement, elle ne contenait pas d'azote. L'écorce analysée n'a donné qu'une petite quantité de cette matière.

EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 19 *avril* 1824.

M. DUPETIT-THOUARS continue et termine la lecture de son rapport sur le Mémoire de M. Romain *relatif à l'Anatomie végétale.* L'Académie adopte les conclusions.

M. Girard, au nom d'une Commission, lit le Rapport que nous avons imprimé dans le Cahier précédent, *sur les Turbines de M. Burdin.*

M. Bosc fait un rapport verbal sur une Brochure de M. le comte Dejean *relative à la Manière de conserver les grains,* dont nous avons déjà donné l'extrait.

M. Frizon avait présenté un Mémoire intitulé : *Démonstration du théorème de Fermat.* Il résulte d'un rapport

fait aujourd'hui que l'auteur n'a pas atteint le but qu'il se proposait.

M. Arago communique plusieurs conséquences qu'il a déduites des observations de M. Duperrey sur les variations diurnes de l'aiguille aimantée, et au nombre desquelles se trouve, par exemple, celle-ci : que sur l'équateur magnétique la variation diurne est nulle. (Nous publierons prochainement la Note de M. Arago.)

M. Dujac commence la lecture d'un Mémoire *sur la Caloricité.*

M. Bailly lit un Mémoire intitulé : *Recherches d'anatomie sur le cerveau de la taupe.*

Séance du lundi 26 *avril.*

M. de Jussieu prend la parole pour remercier l'Académie de l'intérêt qu'elle lui a témoigné pendant sa maladie.

MM. Joanne et Frittié demandent qu'on fasse un rapport sur le procédé qu'ils ont présenté pour empêcher les voitures de verser.

M. Chevallier annonce que pendant l'oxidation du fer par le contact de l'eau et de l'air, il y a formation d'ammoniaque.

M. Gaillardot envoie un Mémoire *sur les Ossemens fossiles des environs de Lunéville ;* M. Rolando, de Turin, des Recherches anatomiques *sur la Moelle épinière ;* M. Damoiseau, un second travail *sur la Comète périodique de* 1819 ; don Pedro Lemasco Domenech Yamaha, de Madrid, l'extrait d'un Mémoire *de Médecine.*

La Commission nommée au scrutin, qui choisira une question de mathématiques pour le prix annuel, est com-

posée de MM. Legendre, Laplace, Poisson, Fourier et Lacroix.

Celle qui proposera un sujet pour le prix fondé par M. Alhumbert se compose de MM. Dumeril, Cuvier, Lacépède, Geoffroy-Saint-Hilaire et Magendie.

M. Cauchy, au nom d'une Commission, fait un rapport sur un Mémoire de M. Dubuat *relatif au Calcul des variations.*

M. Moreau de Jonnès lit une Notice intitulée : *Itinéraire de la maladie pestilentielle désignée par le nom de* cholera-morbus.

M. Bory de Saint-Vincent communique les observations qu'il a faites sur les animaux spermatiques, pour lesquels il propose le nom générique de *zoospermes.*

M. de Lassis lit un Mémoire intitulé : *Doctrine des maladies épidémiques.*

Séance du lundi 3 *mai.*

M. Julia Fontenelle adresse des traductions manuscrites des Mémoires *sur la Fièvre jaune*, par les médecins de Barcelone.

M. Ignace Inez présente une balance motrice.

Le Ministre de l'Intérieur demande à l'Académie de présenter un candidat pour le remplacement de M. Lefèvre-Gineau.

M. Geoffroy Saint-Hilaire lit un Mémoire additionnel à ceux qu'il a publiés *sur la Nutrition des marsoupiaux.*

M. Fresnel présente à l'Académie un phare à feu fixe du 3me ordre, de son invention, et exécuté par MM. Soleil père et fils. Cet appareil, composé de lentilles dites *cylindriques*, laisse diverger, dans le sens horizontal,

les rayons partis de la lumière centrale, de manière à les distribuer sur tous les points de l'horizon; mais il empêche la divergence verticale. De cette manière, un bec à deux mèches, qui équivaut à $4\frac{1}{2}$ lampes de Carcel, étant placé au centre de l'appareil, produit l'effet de 48 de ces lampes. Dans les huit angles occupés par les montans, la lumière est encore égale à celle de 23 lampes réunies.

M. Bailly lit un Mémoire intitulé : *Description des filets pêcheurs de la Baudroye.*

M. Geoffroy présente quelques observations à ce sujet, et rappelle que la Baudroye pêche aussi à la nasse.

Sur *l'Huile de Dahlia.*

M. Payen a fait de nouvelles expériences sur cette huile. Liquide à 20°, elle fournit, à une température plus basse, de longs prismes aplatis, se croisant dans tous les sens : la partie fluide isolée des cristaux ne cristallise plus, quoique exposée à une température plus basse. Les cristaux présentent plusieurs des caractères de l'acide benzoïque; mais la petite quantité que M. Payen en avait à sa disposition ne lui a pas permis d'acquérir une entière conviction. Il promet de se livrer à de nouvelles expériences dans la saison prochaine.

(*Journal de Pharmacie*. x. 239.)

---

en général leur température entre 35 et 45° au-dessus de la glace fondante.

Le tableau ci-joint donnera une idée suffisante des différentes températures. La température de l'air = 15°,15.

	Températures moyennes.
Neuf hommes âgés de 30 ans....	37°,14
Quatre hommes de 68 ans......	37,13
Quatre jeunes-gens de 18 ans...	36,99
Trois enfans mâles âgés de 1 à 2 jours....................	35,06
Deux corbeaux adultes.........	42,91
Quatre chats-huants volant bien.	40,91
Une chouette adulte...........	41,47
Un tiercelet adulte............	41,47
Trois pigeons..................	42,98
Trois moineaux francs bien couverts de plumes.............	39,08
Un moineau complètement élevé.	41,67
Un moineau adulte............	41,96
Bruant adulte................	42,88
Deux corneilles commençant à manger seules..............	41,17
Chien de 3 mois...............	39,48
Chat mâle adulte..............	39,78
Cochon d'Inde adulte.........	35,76
Deux carpes..................	11,69
Deux tanches.................	11,54
Eau dans laquelle les poissons vivaient....................	10,83

Dès l'origine de la physiologie expérimentale, les médecins éclairés ont recherché la cause de ce phénomène

Recherches *expérimentales sur les Causes de la chaleur animale.*

Par M. Ces. Despretz.

(Ce travail a obtenu, le 1er juin 1823, le prix de physique proposé par l'Académie des Sciences.)

PREMIÈRE PARTIE.

Ce travail sera divisé en trois parties : dans la première, on compare la chaleur émise par des animaux placés dans les conditions ordinaires, à la chaleur dégagée dans le phénomène chimique de la respiration. Dans la deuxième, on rapporte des expériences sur la chaleur des animaux à sang chaud placés dans des conditions particulières, sur la respiration des animaux à sang froid; et enfin, dans une troisième partie, on s'occupe de la combustion.

Parmi les phénomènes que présente l'étude de la physique générale, aucun n'est plus capable d'exciter l'attention que cette propriété singulière dont l'homme et les animaux à sang chaud jouissent, de conserver une température à-peu-près constante, pendant que le milieu dans lequel ils sont plongés subit des variations continuelles. La chaleur, dans tous les corps bruts, tend sans cesse vers l'équilibre; les échanges réciproques établis entre ces différens corps amènent bientôt une température uniforme. Au contraire, les animaux à sang chaud, également soumis aux pertes occasionées par le contact, l'évaporation et le rayonnement, possèdent en eux une cause de reproduction de chaleur qui maintient

général, lorsque les circonstances dans lesquelles il se trouve n'altèrent point sensiblement son sang et ses humeurs, de sorte qu'après plusieurs heures le système animal n'éprouve pas de variation sensible, la conservation de la chaleur animale est due, au moins en grande partie, à la chaleur que produit la combinaison de l'air pur respiré avec la base de l'air fixe que le sang lui fournit. » (*Acad. des Sciences*, 1780, p. 49.)

Si la marche tracée dans ce travail paraît peu susceptible d'objection, il n'en est pas de même du résultat, vu que l'acide carbonique avait été fourni par un animal, tandis que la chaleur avait été émise par un autre.

Crawford (*Experiment, etc., on animal heat*; London, 1788, pag. 310—381) suit à-peu-près la même marche que MM. Lavoisier et Laplace, mais en portant toutefois moins de précision dans les expériences. Il compare la respiration des animaux à la combustion de la cire, du suif et des huiles, et arrive à cette conséquence qu'un animal produit moins de chaleur que la cire pour une même quantité d'acide carbonique formé, parce que, dit-il, le changement de capacité du sang rend latente une portion de la chaleur développée dans la respiration. Il est inutile de faire sentir toute l'imperfection de cette méthode.

Black fit aussi quelques essais (*Black's Lectures*). Sa théorie diffère de celle de Crawford, en ce qu'il ne tient pas compte du changement de capacité; il l'a abandonnée lui-même.

Tel était l'état des recherches des physiciens relatives à la chaleur animale, lorsque nous entreprîmes le travail dont nous donnons ici le premier extrait, dans

l'espoir de répondre à la question proposée par l'Académie. M. Dulong se livrait à des recherches analogues; peu de temps avant la clôture du concours il lut son Mémoire, qui n'est pas encore publié, à l'Académie, où de nombreux suffrages devaient bientôt l'appeler. Il prit pour base de ses expériences les données de MM. Lavoisier et Laplace sur la combustion, et reconnut la différence présentée par les animaux carnivores et les animaux frugivores. Nous étions, à cette époque, arrivés à des résultats semblables (*voyez* la fin du Mémoire), en faisant usage des données sur la combustion, fournies par nos propres expériences. Le programme de l'Académie portait qu'on devait évaluer simultanément la chaleur produite par la combustion et la respiration.

Nous allons rapporter les recherches des physiologistes, en omettant tous les systèmes qui n'ont pas eu l'expérience pour base fondamentale. On verra aisément que la marche est beaucoup moins directe que celle des physiciens français.

Bichat (dans ses *Recherches sur la vie et la mort*) s'occupe indirectement de l'influence des phénomènes chimiques sur les poumons.

M. Brodie (*Phylos. Trans.*, 1812) se livre à des recherches très-ingénieuses sur l'influence du cerveau dans la production de la chaleur animale; il arrive à plusieurs résultats importans.

On a imprimé dans plusieurs ouvrages que M. Brodie avait tiré de son travail des conséquences qui sont tout autres que celles qu'il en tire réellement. Il ne se prononce qu'avec une grande circonspection. « Sans doute, dit-» il, il résulte des expériences précédentes que la chaleur

» animale est pour beaucoup sous la dépendance du
» système nerveux; mais quelle connexion existe-t-il
» entre ces deux choses ? Le cerveau exerce-t-il une ac-
» tion directe ou indirecte ? C'est ce qu'on ne peut dé-
» cider maintenant. »

Les expériences de M. Brodie sont très-ingénieuses, sans doute ; mais conduisent-elles à admettre l'action directe du cerveau sur le développement de la chaleur animale ? Nous ne le pensons pas. D'abord, on peut attaquer la partie de son Mémoire dans laquelle il rapporte des expériences sur les animaux décapités, qui, malgré l'insufflation, se refroidissent plus vite que ceux qu'on abandonne à eux-mêmes. Ce résultat est contraire aux expériences de Legallois.

Legallois (*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. IV) porte dans l'examen des causes de la chaleur animale la logique et la clarté qu'on trouve dans tous ses ouvrages. Dans un premier Mémoire non imprimé, il réfutait M. Brodie ; il faisait voir que, dans le plus grand nombre de cas, l'animal décapité chez lequel on entretient la respiration par l'insufflation conserve une température supérieure à celle de l'animal mort et non insufflé ; que tout ce qui gêne ou dénature la respiration produit un affaiblissement dans la chaleur animale. Dans un second Mémoire, il s'occupe de cette question importante : *La diminution dans la combinaison de l'oxigène est-elle toujours en rapport avec le refroidissement ?* C'est ce qui a lieu, en général, d'après ses expériences. Ayant remarqué qu'en débilitant le système nerveux, le sang conservait dans les veines la couleur qu'il avait dans les artères, il en a conclu que l'action de ce système con-

siste principalement dans le changement de capacité qu'on observe entre le sang veineux et le sang artériel.

M. Chaussat a inséré (dans les *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. III) un Mémoire qui a le même titre que celui de M. Brodie.

Il conclut de ses expériences que la décapitation n'agit si puissamment dans la production de la chaleur animale qu'à cause de l'influence du cerveau sur la portion cervicale de la moelle épinière. On voit que le travail de M. Chaussat ne diffère de celui de M. Brodie que parce qu'il a moins d'étendue, et qu'il n'a pas porté son attention sur la formation de l'acide carbonique.

M. Delarive (*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. XV) observe avec beaucoup de justesse que, dans les lésions profondes du système nerveux, on porte de telles atteintes au principe vital, que l'animal meurt, non point en conséquence de la cessation de chaleur, mais que la cessation de chaleur est une suite de la mort.

Voilà les principaux travaux des physiologistes. On pourrait sans doute en citer beaucoup d'autres; mais ceux que nous venons de rapporter sont les plus importans. Cependant, comme on le voit aisément, les différens physiologistes, même les plus habiles, n'ont jamais traité la question directement. Le refroidissement des animaux placés dans diverses circonstances était bien propre à donner des notions utiles sur la chaleur animale, mais il ne pouvait jamais conduire à la solution complète de la question : le travail important était de faire la comparaison de la chaleur dégagée dans la combustion avec celle produite dans la respiration.

Sans la connaissance complète de ces deux élé-

mens, il serait impossible d'établir aucun système sur les causes de la chaleur animale. Les deux premières déterminations qui doivent conduire à la solution de la question sont donc, 1°. la chaleur dégagée dans la formation de l'acide carbonique; 2°. la chaleur émise par un animal pendant le temps qu'il forme la même quantité d'acide carbonique.

Nous avons voulu d'abord employer le calorimètre de glace; mais divers motifs qu'il est inutile de faire connaître nous ont fait préférer le calorimètre d'eau. Celui dont nous avons fait choix est d'une espèce particulière. Il consiste en une caisse carrée, en cuivre rouge très-mince; la caisse, le couvercle et les quatre agitateurs pèsent ensemble 4432g,5s. Les agitateurs sont des lames étroites de cuivre recourbées, qui sont plongées dans l'eau et servent à établir l'uniformité dans la température de la masse liquide; elles sont attachées à de petites baguettes en bois, afin qu'elles ne reçoivent pas de chaleur de la main qui les tient et les agite.

Le serpentin est formé par une boîte ronde et un serpentin proprement dit. Cette boîte est destinée à renfermer le creuset de platine dans lequel on a mis une quantité de carbone pur bien connue. Cette boîte est placée au milieu du serpentin, avec lequel elle est en communication par deux tuyaux. L'oxigène ou l'air arrivent parfaitement séchés par leur passage sur du chlorure de calcium. Cet oxigène ou cet air brûlent le carbone et déposent leur chaleur en traversant le serpentin, qui présente une longueur de plus de douze pieds, et dont le diamètre est de deux à trois lignes. On connaît la température du gaz à son entrée et à sa sortie, par deux thermomètres très-

sensibles. Le poids du serpentin est 1620^{g},5. La quantité totale d'eau augmentée du poids de la caisse, du serpentin, etc., est de 37454^{g},6, ou environ 62 livres.

La durée moyenne des expériences était de quinze à vingt minutes; l'accroissement de la température était de 2° centigrades environ; les thermomètres étaient assez sensibles pour qu'on pût apprécier des cinquantièmes de degré, et, comme il y en avait trois dans le calorimètre, il en résulte qu'on pouvait connaître la température avec une assez grande exactitude. Le charbon placé dans la boîte était enflammé par un moyen particulier.

Le comte de Rumford, par un artifice ingénieux, s'est mis à l'abri du refroidissement; il abaissait d'abord la température de l'eau qu'il devait échauffer, et il arrêtait l'expérience lorsque la température était élevée, par l'effet qu'il voulait mesurer, autant au-dessus de la température du milieu qu'elle était d'abord au-dessous. Nous avons quelquefois eu recours à cet artifice; mais plusieurs raisons nous l'ont fait abandonner pour prendre l'eau à la température des corps environnans, et tenir compte du refroidissement. On peut supposer la loi de Newton sur la proportionnalité du refroidissement à l'excès de température dans un aussi petit intervalle: car les expériences de Dalton, Laroche, Dulong et Petit, qui démontrent l'inexactitude de la loi de Newton dans des cas extrêmes, font en même temps voir qu'elle ne s'écarte pas sensiblement de la vérité quand la température du corps chaud n'est que de 20 à 30 degrés au-dessus de celle du milieu environnant (*Journ. de l'Ecole polytechnique*, XI): or, ici l'excès de la température du calorimètre sur la température de l'air n'est pas supérieur à 3 degrés. On

est donc tout-à-fait fondé à se servir de la loi de Newton pour établir la correction de la perte de chaleur éprouvée par le calorimètre pendant l'expérience.

Nous allons maintenant rapporter quelques expériences. Nous avons dû d'abord diriger notre attention sur la préparation du carbone pur; car la présence de l'hydrogène et de quelques bases dans le charbon ordinaire aurait pu altérer les résultats des expériences. Nous nous sommes procuré du carbone pur par la décomposition du sucre blanc de première qualité; ce sucre était d'une blancheur parfaite, d'une très-belle cristallisation; chauffé avec le contact de l'air, il ne laissait pas le moindre résidu. Il a été premièrement décomposé dans un fourneau ordinaire de laboratoire, à une température rouge; il a été ensuite chauffé dans un fourneau de fondeur alimenté par un fort soufflet. La calcination, dans ce dernier fourneau, a duré une heure. Le fourneau donnait une chaleur considérable, puisque le cuivre, l'acier y fondaient avec une grande facilité. Le charbon obtenu de cette manière était brillant, dur, d'une combustion très-difficile; car, placé au milieu des charbons ardens, il rougissait sans produire la plus petite flamme, et à peine était-il retiré du fourneau qu'il s'éteignait complètement; un courant d'air l'éteignait également; sa combustion ne pouvait être entretenue que par l'oxigène pur; et si le contact de ce dernier, à l'état d'une grande pureté, était suspendu un quart de minute, il devenait noir aussitôt. Ce dernier caractère, joint à la propriété de ne pas donner de flamme, caractérise assez le carbone pur. Comme le diamant, il perdait son éclat, et devenait terne par un commencement de combustion.

Nous nous sommes assurés que dix grammes de ce charbon ne donnaient pas d'hydrogène appréciable, même après sa transformation en eau par dix fois son poids d'oxigène. Les expériences de M[r] H. Davy prouvent, d'ailleurs, que le charbon fortement calciné ne contient pas $\frac{1}{50000}$ d'hydrogène. (*Ann. de Chim. et de Phys.*, t. II.)

La moyenne de quatre expériences a donné 7914°,7 pour la quantité de chaleur dégagée dans la transformation d'une partie de carbone en acide carbonique, ou, en d'autres termes, la combustion d'une partie de carbone dégage une quantité de chaleur capable de fondre 104,2 livres de glace.

La combustion du gaz hydrogène a donné une quantité de chaleur capable de fondre 315,2 parties de glace.

On va rapporter maintenant quelques expériences sur la comparaison de la chaleur émise par les animaux à la chaleur dégagée par le phénomène chimique de la respiration.

On ne trouve pas dans cette recherche la même uniformité, la même constance que dans les recherches sur la matière inorganique. Ici, l'affinité des élémens est sous l'influence de la puissance vitale, que l'âge, la température, l'état de santé, la nature des alimens et diverses autres circonstances peuvent modifier.

Il est naturel de chercher la source de la chaleur animale dans la respiration, puisque les observations apprennent que la température d'un animal est d'autant plus élevée que sa respiration est plus active.

Il a été de tout temps reconnu que l'air est de nécessité absolue pour l'entretien de la vie des animaux, et qu'aucun animal ne peut respirer qu'un temps limité

une même quantité d'air. Les travaux de Mayow, de Black, de Schéele, de Lavoisier, de Priestley, de Séguin, etc., sont rapportés dans tous les ouvrages de physique et de chimie.

Tous les physiciens reconnaissent qu'une portion de l'oxigène de l'air est employée à former de l'acide carbonique par la combustion du carbone du sang veineux.

Peu de physiciens ont pensé que le volume d'acide carbonique, plus l'oxigène restant, représentent tout l'oxigène de l'air après la respiration. (Dalton, Meusse, Thomson.)

En général, on admet qu'il y a disparition d'une portion d'oxigène; M. Davy porte la diminution à $\frac{1}{82}$; MM. Hallen et Pepys à $\frac{1}{120}$; Bostoch à $\frac{1}{80}$ (1). Crawfort et Lavoisier ont reconnu la disparition d'une portion d'oxigène. Quelques expériences de M. Gay-Lussac sur les oiseaux, les nombreuses recherches de MM. Humboldt et Povençal sur la respiration des poissons donnent également une absorption d'oxigène manifeste; et il est très-probable que la disparition d'une certaine quantité d'oxigène dans le contact de l'air et du sang est une condition aussi nécessaire à la vie de tous les êtres qui respirent, que celle de la formation d'une certaine quantité d'acide carbonique. A la vérité, d'après Spallanzani et Schéele, l'acide carbonique formé dans la respiration des insectes, ajouté à l'oxigène restant, représenterait tout

---

(1) Ces différens nombres ne sont relatifs qu'aux expériences qui les ont fournis; car la disparition dépend de l'âge, de l'espèce de l'animal, de la durée de l'expérience et du volume d'air respiré.

l'oxigène de l'air. Mais nous sommes portés à croire que le résultat n'est pas tout-à-fait exact.

Au reste, nous reviendrons sur cette question, et nous rapporterons des expériences que nous avons faites sur des centaines d'insectes placés dans notre grand appareil à mercure.

Cette disparition est assez considérable pour qu'en général on puisse la rendre manifeste en plaçant un animal dans une cloche, et en y adaptant un tube qu'on fait plonger dans l'eau : à peine l'animal est-il renfermé, qu'on voit l'eau monter dans le tube, ce qui indique une diminution de volume. La diminution serait bien plus grande si l'exhalation de l'azote ne remplaçait pas en partie, et même quelquefois en totalité, l'oxigène disparu.

Les opinions sont partagées sur le rôle de l'azote dans la respiration : selon les uns (M. Davy, le docteur Henderson), le gaz azote est absorbé dans la respiration de l'homme et des mammifères; d'après MM. Berthollet et Nysten, il y a dégagement. Enfin, M. Edwards, après un examen attentif des travaux antérieurs, a cru pouvoir admettre qu'il y a simultanément absorption et exhalation. Nous pensons, au contraire, que cette opinion n'est nullement fondée, puisque, sur plus de deux cents expériences que nous avons faites, il y a toujours eu dégagement d'azote. Nous sommes, d'ailleurs, d'accord sur ce point avec M. Dulong.

Les expériences de M. Magendie sur la nutrition paraissent également favorables à l'exhalation de l'azote; on sait qu'il résulte de ces expériences que la vie des animaux ne peut être long-temps soutenue par une nourriture formée de sucre, de gomme, d'huile et d'eau distillée.

Après la respiration,

47,842...... { 3,076 acide carbonique. 6,023 oxigène. 38,743.

Acide formé......... $3^{lit.}$,076,
Oxigène disparu...... 0 ,980,
Azote dégagé......... 0 ,839.

Oxigène disparu = $\frac{1}{3}$ de l'acide formé,
= $\frac{1}{4}$ de l'oxigène total consommé,

Azote dégagé = $\frac{4}{5}$ de l'oxigène disparu,
= $\frac{8}{31}$ de l'acide formé.

Elévation de la température de 25387^{g},5 d'eau de 0°,703; d'où l'on déduit:

Chaleur animale	100	
Chaleur due à la formation de l'acide carbonique........................	68,5	} 90,4.
Chaleur due à la formation de l'eau..	21,9	

2

2e *Expérience.*

Même lapine.

Chaleur animale.....................	100.	
Chaleur due à la formation de l'acide carbonique.....................	64,9	} 85,8.
Chaleur due à la formation d'eau...	20,9	

3e *Expérience.*

Six petits lapins de 15 jours.

Durée de l'expérience, 2 heures 5. minutes.

Volume d'air fourni à 9°,25, $49^{lit.}$,475 = { 10,389 oxig. 39,085 azote.

A la fin, $48^{lit},689 = \begin{cases} 2,955 \text{ acide carbonique.} \\ 6,216 \text{ oxigène.} \\ 39,517 \text{ azote.} \end{cases}$

Acide formé	$2^{lit},955$,
Oxigène disparu	1 ,218,
Azote dégagé	0 ,432.

Oxigène disparu $= \frac{12}{30}$ de l'acide formé,
$= \frac{12}{41}$ de l'oxigène total consommé,
Azote dégagé $= \frac{1}{3}$ de l'oxigène disparu,
$= \frac{2}{15}$ de l'acide formé.

Elévation de la température de la masse d'eau 20822,8 grammes, $0^{\circ},998$, d'où

Chaleur animale	100.	
Chaleur due à la formation de l'acide carbonique.	58,5	82,1.
Chaleur due à la formation de l'eau. . .	23,6	

4e *Expérience.*

Lapin mâle.

Chaleur animale	100.	
Chaleur due à la formation de l'acide carbonique	68,3	86,7.
Chaleur due à la formation de l'eau.	18,4	

5e *Expérience.*

Trois cochons d'Inde mâles adultes.

Durée de l'expérience, 1 heure 54 minutes.

Volume d'air fourni à $9^{\circ},47$ $48^{lit},046 = \begin{cases} 10,089 \text{ oxig.} \\ 37,957 \text{ azote.} \end{cases}$

Après la respiration, $48^{lit},371 = \begin{cases} 2,588 \text{ acide carboniq.} \\ 6,790 \text{ oxigène.} \\ 39,023 \text{ azote.} \end{cases}$

Acide formé..............	$2^{lit},587$,
Oxigène disparu..........	0 ,707,
Azote dégagé.............	1 ,066.

Oxigène disparu $= \frac{7}{26}$ de l'acide formé,
$= \frac{7}{33}$ de l'oxigène total consommé;
Azote dégagé $= \frac{11}{7}$ de l'oxigène consumé,
$= \frac{11}{26}$ de l'acide formé.

Elévation de la température de 23310,5 grammes d'eau, 0°,64, d'où

Chaleur animale..................	100.	
Chaleur due à la formation de l'acide carbonique....................	69,4	88,8.
Chaleur due à la formation de l'eau..	19,4	

6ᵉ *Expérience.*

Trois cochons d'Inde femelles adultes.

Chaleur animale..................	100.	
Chaleur due à la formation de l'acide carbonique....................	69,6	88,9.
Chaleur due à la formation de l'eau..	19,3	

7ᵉ *Expérience.*

Chienne de 5 ans environ.
Durée de l'expérience, 1 heure 31 minutes.

Volume d'air fourni à 8°,60, $47^{lit.},657$ { 10,008 oxig. / 37,649 azote.

Volume d'air après l'expérience, ramené à la même température.......47,214 { 3,768 acide. / 4,424 oxigèn. / 39,022 azote.

Acide formé..............	3lit.,768,
Oxigène disparu...........	1 ,806,
Azote dégagé.............	1 ,374.

L'oxigène disparu $= \frac{9}{19}$ de l'acide formé.
L'azote dégagé, $= \frac{7}{9}$ de l'oxigène disparu,
$= \frac{7}{19}$ de l'acide formé.

Elévation de la température de 25387g,5 d'eau, 1°,10.

Chaleur animale..................	100.	
Chaleur due à la formation de l'acide carbonique....................	54,9	80,8.
Chaleur due à la formation de l'eau.	25,9	

8e *Expérience.*

Chienne de 7 à 8 mois.
Durée de l'expérience, 1 heure 42 minutes.

Volume d'air à 12°,5 47lit.,891 = { 10,057 oxigène. 37,834 azote.

Après la respiration, 47lit.,265 = { 2,777 acide carb. 5,889 oxigène. 38,599 azote.

Acide formé...............	2lit.,777,
Oxigène disparu............	1 ,391,
Azote dégagé..............	0 ,761.

Oxigène disparu $= \frac{1}{2}$ de l'acide formé,
$= \frac{14}{41}$ de l'oxigène total consommé,
Azote dégagé $= \frac{1}{7}$ de l'oxigène consumé,
$= \frac{1}{7}$ de l'acide formé.

Elévation de température de la masse d'eau, 20822,8 gr., 1°,088, d'où

Chaleur émise par l'animal........	100.	
Chaleur due à la formation de l'acide carbonique....................	49,6	74,1.
Chaleur due à la formation de l'eau..	24,5	

9e *Expérience.*

Deux jeunes chiens de 4 à 5 semaines.
Durée de l'expérience, 1 heure 42 minutes.

Volume d'air fourni à 7°,37 47lit.,058 = { 9,882 oxig. / 37,176 azot.

Après la respiration, 45lit.,940 = { 4lit.,018 acide. / 3,649 oxigène. / 38,273 azote.

Acide formé...............	4,018,
Oxigène disparu...........	2,215,
Azote dégagé..............	1,097.

Oxigène disparu $= \frac{11}{20}$ de l'acide formé,
$= \frac{11}{31}$ de l'oxigène total consumé,
Azote dégagé $= \frac{11}{40}$ de l'acide formé,
$= \frac{1}{2}$ de l'oxigène disparu.

Elévation de la température de la masse d'eau, 25387,5 grammes 1°,35, d'où

Chaleur animale.................	100.	
Chaleur due à la formation de l'acide carbonique....................	48,5	74,5.
Chaleur due à la formation de l'eau.	26,0	

10e *Expérience.*

Chat mâle, âgé de plus de 2 ans.
Durée de l'expérience, 1 heure 35 minutes.

Volume d'air fourni à $9^{\circ},47$, $47^{lit.},885 = \begin{cases} 10{,}055 \text{ oxig.} \\ 37{,}830 \text{ azote.} \end{cases}$

Après la respiration, $47^{lit.},539 = \begin{cases} 2{,}060 \text{ acide.} \\ 7{,}125 \text{ oxigène.} \\ 38{,}354 \text{ azote.} \end{cases}$

Acide formé.............	$2^{lit.},060$,
Oxigène disparu..........	0 ,870,
Azote dégagé.............	0 ,524.

Oxigène disparu $= \frac{9}{21}$ de l'acide formé,
Azote dégagé $= \frac{5}{9}$ de l'oxigène disparu,
$= \frac{5}{21}$ de l'acide formé.

Elévation de la température de 25387,5 gram. d'eau, $0^{\circ},58$, d'où

Chaleur animale.................	100.	
Chaleur due à la formation de l'acide carbonique...................	57,7	80,6.
Chaleur due à la formation de l'eau.	22,9	

11e *Expérience.*

Trois pigeons mâles adultes.

Durée de l'expérience, 1 heure 32 minutes.

Volume d'air fourni à $9^{\circ},75$ $47^{lit.},674 \begin{cases} 10{,}012 \text{ oxig.} \\ 37{,}662 \text{ azote.} \end{cases}$

Après la respiration, $47^{lit.},650 = \begin{cases} 2{,}451 \text{ acide.} \\ 6{,}826 \text{ oxigène.} \\ 38{,}372 \text{ azote.} \end{cases}$

Acide carbonique formé.....	$2^{lit.},451$,
Oxigène disparu..........	0 ,735,
Azote exhalé.............	0 ,710.

Oxigène disparu $= \frac{7}{25}$ de l'acide formé,
L'azote exhalé $= \frac{71}{74}$ de l'oxigène disparu,
$= \frac{7}{25}$ de l'acide formé.

Elévation de la température d'une masse d'eau de 25387g,5, 0°,644, d'où

Chaleur animale..................	100.	
Chaleur due à la formation de l'acide carbonique.....................	60,5	78,8.
Chaleur due à la formation de l'eau.	18,3	

12e *Expérience.*

Cane adulte.

Chaleur animale..................	100.	
Chaleur due à la formation de l'acide carbonique..................	58,3	79,2.
Chaleur due à la formation de l'eau.	20,9	

13e *Expérience.*

Coq adulte.

Chaleur animale..................	100.	
Chaleur due à la formation de l'acide carbonique..................	60,5	79,7.
Chaleur due à la formation de l'eau.	19,2	

14e *Expérience.*

Grand duc de Virginie adulte.
Durée de l'expérience, 1 heure 25 minutes.

Volume d'air fourni à 7°,00, 48lit.,136 { 10,109 oxig. / 38,027 azote.

Volume après la respiration, ramené à la température de 7°,00, 47$^{lit.}$,838 { 1,601 acide. 7,483 oxig. 38,754 azote.

Acide formé	1$^{lit.}$,601,
Oxigène disparu	1 ,025,
Azote dégagé	0 ,727.

L'oxigène disparu $= \frac{10}{16}$ de l'acide formé,
L'azote dégagé $= \frac{7}{10}$ de l'oxigène disparu,
$= \frac{7}{16}$ de l'acide formé.

Elévation de la température de la masse d'eau, 25187^{g},5, 0°,55, d'où

Chaleur animale	100.	
Chaleur due à la formation de l'acide carbonique	47,4	77.
Chaleur due à la formation de l'eau	29,6	

On voit qu'il y a, relativement à l'exhalation d'azote, la même différence que pour les mammifères.

15e *Expérience.*

Quatre chouettes.

Chaleur animale	100.	
Chaleur due à la formation de l'acide carbonique	56,3	74,6.
Chaleur due à la formation de l'eau	18,3	

16e *Expérience.*

Quatre pies, nourries avec de la viande.

Chaleur animale	100.

Chaleur due à la formation de l'acide carbonique	57,6	75,4.
Chaleur due à la formation de l'eau.	17,8	

La masse d'eau n'est pas égale dans toutes les expériences : cela tient à ce qu'on n'a pas toujours employé le même calorimètre.

Le volume d'air, après l'expérience, est toujours à une température un peu plus élevée que celle du commencement ; on a rapporté le volume, par le calcul, à la température initiale.

Les exemples précédens suffisent pour montrer que, dans le développement de la chaleur animale, la respiration produit chez les carnivores une portion moins considérable de la chaleur animale totale que chez les frugivores, et qu'il en est de même des oiseaux, comparés aux mammifères.

On peut admettre maintenant comme vérités incontestables :

1°. Que la respiration est la principale cause du développement de la chaleur animale; que l'assimilation, le mouvement du sang, le frottement des différentes parties, peuvent produire la petite portion restante;

2°. Qu'outre l'oxigène employé à la formation de l'acide carbonique, une autre portion de ce gaz, quelquefois très-considérable relativement à la première, disparaît aussi : on pense généralement qu'elle est employée à la combustion de l'hydrogène du sang; qu'il disparaît en général plus d'oxigène dans la respiration des jeunes animaux que dans la respiration des animaux adultes. (On reviendra sur la disparition de l'oxigène dans une discussion générale.)

3°. Qu'il y a exhalation d'azote dans la respiration des mammifères carnivores ou frugivores, et dans la respiration des oiseaux ; que la quantité d'azote exhalée est plus grande chez les frugivores que chez les carnivores.

Plus de deux cents expériences analogues ont été faites à des époques différentes (août et septembre 1822 ; septembre et octobre 1823 ; janvier, février et mars 1824) sur des canards adultes et jeunes ; sur des poules, des coqs, des poulets, des pigeons adultes et jeunes, des goelands, des buses, des ducs (1), des pies, des chouettes, des chiens et des chats adultes et jeunes ; et les résultats qu'elles ont fournis ont été sensiblement d'accord avec les précédens.

Dans aucune expérience, la respiration n'a produit moins de $\frac{7}{10}$ ni plus de $\frac{19}{10}$ de la chaleur totale émise par l'animal ; le rapport $\frac{7}{10}$ n'a même été donné que par de très-jeunes animaux qui perdent quelquefois une portion de leur chaleur propre.

Pour les expériences envoyées à l'Académie des Sciences, on avait reçu le gaz provenant de la respiration dans un gazomètre, où il était séparé de l'eau par un flotteur en fer-blanc. Cependant, comme la surface intérieure du gazomètre était nécessairement humide, une certaine quantité d'acide carbonique pouvait être dissoute. C'est

---

(1) M. Fréd. Cuvier, qui saisit toutes les occasions de seconder les personnes qui se livrent à l'étude des sciences, avait mis à ma disposition plusieurs oiseaux de proie qu'on ne peut se procurer que difficilement dans le commerce.

afin d'avoir des résultats à l'abri de cette objection, qu'on a fait construire un grand appareil qui est tellement combiné, que le gaz respiré est reçu immédiatement sur le mercure. La description suivante en donnera une idée.

Tout appareil propre à la mesure de la chaleur animale doit être composé de trois parties principales : d'un gazomètre fournissant l'air à l'animal, d'une boîte renfermant l'animal, enfin, d'un second gazomètre qui reçoit le gaz respiré. Les trois parties sont indiquées dans la figure par les lettres *A*, *B* et *C*.

A est le réservoir d'air : c'est un gazomètre gradué avec soin ; par les tubes latéraux *H* et *F*, on connaît le niveau de l'eau dans l'intérieur, et conséquemment le volume du gaz. Un thermomètre *Z* en donne la température ; le manomètre *I* en fait connaître l'élasticité ; un entonnoir *K* est placé au-dessus du gazomètre et entretenu constamment plein d'eau par sa communication avec un cuvier *L*, qui lui-même reçoit son eau d'un grand cylindre *p*. Au moment où l'on veut faire sortir le gaz, on ouvre le robinet de *K* ; l'eau tombe et chasse le gaz par le tube *R* ; la vitesse du gaz est constante pendant tout l'écoulement ; on peut la reproduire la même dans toutes les expériences, par le moyen d'un arc de cercle divisé, qui permet d'ouvrir toujours le robinet de la même quantité.

Le thermomètre *q* donne la température de l'air à son entrée dans la boîte ; le thermomètre *t* la donne à sa sortie ; l'air, après la respiration, est reçu dans le gazomètre *C*, qui consiste en un grand cylindre en fonte, d'un pied environ de diamètre, dans l'inté-

rieur duquel est fixé un cylindre en bois de 8 pouces; l'intervalle compris entre le bois et la fonte est rempli de mercure; le cylindre est recouvert du même métal. Le cylindre en bois est enveloppé par un cylindre creux en cuivre mobile (couvert de peinture), qui plonge d'abord dans le mercure; mais, à mesure que le gaz respiré arrive dans son intérieur, il est soulevé par un contre-poids ω; ce contre-poids est un seau vide qui se remplit peu à peu par le moyen d'un second seau u plein d'eau, avec lequel il communique par un siphon étroit.

Par les règles *FE*, divisées en parties égales, on connaît exactement le volume du gaz. A cause de la flexibilité du tuyau en plomb *to*, le cylindre en cuivre peut monter sans qu'aucune partie de l'appareil souffre. Par le manomètre *J*, on juge si la pression intérieure est la même que la pression extérieure. Quand tout le gaz du réservoir *A* est chassé, on mesure exactement le volume du gaz respiré, dont on connaît la température par un thermomètre *x*. On ferme tous les robinets, et par une pression plus ou moins forte exercée sur le cylindre en cuivre, on fait sortir du gaz par le tube *L*; on le reçoit sur le mercure dans une capsule de porcelaine.

α, β et γ représentent les supports en bois destinés à soutenir le tuyau en plomb, à mesure que le cylindre en cuivre sort du réservoir. Les lettres *m*, *n* et ν représentent la projection verticale de l'appareil.

Ce qui a retardé la publication de ce travail, c'est le desir que j'avais de refaire les expériences principales avec ce grand appareil à mercure, et de comparer les résultats précédens à ceux obtenus dans des expé-

riences où l'on prendrait la chaleur dégagée dans la combustion du carbone et de l'hydrogène liquides ; mais des obstacles inattendus s'étant présentés et dans la construction du cylindre en fonte et dans le reste de l'appareil, j'ai pensé que je ferais bien de commencer dès ce moment à faire connaître mes résultats.

(*La suite aux Cahiers prochains.*)

EXTRAIT *d'un Memoire de* William Henry *sur l'Analyse de quelques composés aériformes de l'azote.*

PAR WILLIAM HENRY.

Protoxide d'azote. CE gaz peut être analysé d'une manière facile en l'enflammant avec l'hydrogène. Sir H. Davy, qui a le premier employé ce procédé, avait trouvé un volume d'azote un peu plus grand que celui du protoxide, savoir, dans le rapport de 41 à 39 ; et moi-même j'ai souvent obtenu un résultat semblable. Cependant, d'après la loi des proportions définies, en volume, le protoxide d'azote devrait être composé d'un volume d'azote et d'un demi-volume d'oxigène, condensés dans l'espace d'un seul volume ; et si on n'a pas obtenu exactement cette proportion par le procédé cité, on peut croire que cela est dû à des causes d'inexactitude qui y sont attachées. J'ai donc essayé d'autres procédés d'analyse pour me satisfaire à cet égard, et celui que je vais citer me paraît digne d'être connu. Il consiste à enflammer par l'étincelle électrique un mé-

lange, dans des proportions convenables de protoxide d'azote et d'oxide de carbone. Le premier de ces gaz, qui provenait de la décomposition faite avec beaucoup de soin du nitrate d'ammoniaque, ne contenait pas plus de 3 centièmes de parties non absorbables par l'eau bien bouillie. L'oxide de carbone avait été obtenu d'un mélange de limaille de fer et de craie récemment chauffée, et avait ensuite été lavé avec de la potasse ; la pureté en avait été reconnue par la combustion avec l'oxigène, et il ne contenait que 3 centièmes d'azote. Lorsqu'on employait un excès d'oxide nitreux, on trouvait dans le résidu un peu d'oxigène libre ; et cependant un léger excès de ce gaz était nécessaire pour rendre complète la combustion de l'oxide de carbone.

100 mesures d'oxide de carbone supposé pur, enflammées avec 104,1 de protoxide d'azote pur, ont produit 98,9 de gaz acide carbonique, 105,7 d'azote et 3,5 d'oxigène : or, comme cette quantité d'oxigène ne peut provenir que de l'oxide d'azote, elle doit représenter le double d'azote ou 7,0 ; il s'ensuit donc que, soustraction faite de cette quantité d'azote, il en reste 98,7. Ce nombre, comparé à 98,9, qui représente le volume d'acide carbonique obtenu, montre clairement que le protoxide d'azote contient un volume d'azote et un demi-volume d'oxigène.

Lorsqu'on n'a d'autre objet que de déterminer la quantité d'oxigène dans l'oxide nitreux, on peut sans inconvénient employer un léger excès d'oxide de carbone, ainsi que je m'en suis assuré par expérience.

Puisqu'un volume donné d'oxide nitreux pur produit exactement, lorsqu'on le décompose par l'oxide de

carbone, un volume égal d'acide carbonique, il sera facile, par ce procédé, de reconnaître la pureté de l'oxide nitreux.

On ne peut enflammer par l'étincelle électrique un mélange de gaz nitreux et de gaz oxide de carbone, dans quelque proportion qu'il soit fait; mais j'ai réussi avec le gaz nitreux et le gaz oléfiant, en employant la décharge d'une petite bouteille de Leyde. J'ai trouvé que six volumes de gaz nitreux exigent, pour être entièrement décomposés, 1 volume de gaz oléfiant : les produits sont 2 volumes d'acide carbonique et 3 d'azote.

Analyse de l'acide nitrique. On a fait un mélange de 1 partie de charbon fortement calciné, $2\frac{1}{2}$ de nitrate de baryte bien desséché et $2\frac{1}{2}$ de quartz en petits grains; après l'avoir introduit dans un tube de verre, on a placé par-dessus du fil de fer roulé en spirale et on l'a décomposé par le moyen de la chaleur. Les produits ont été très-compliqués; mais, tout calcul fait, on a trouvé que l'acide nitrique est composé en volume de 1 d'azote et de 2,51 d'oxigène.

Analyse de l'ammoniaque. Le procédé qui a été suivi est celui dû originairement à Priestley; il consiste à décomposer le gaz ammoniacal par une série continue d'étincelles électriques. Toutes sortes de précautions ont été prises pour assurer l'exactitude des résultats. Dans la première expérience, 44 parties sont devenues 88 +; dans la seconde, 157 sont devenues 320; dans la troisième, 60 sont devenues 122, et dans la quatrième, 120 ont donné exactement 240. L'analyse du mélange gazeux, au moyen de l'oxigène, a prouvé

qu'il était formé de 1 partie en volume d'azote et de 3 d'hydrogène.

J'ai été conduit au même résultat en répétant un procédé d'analyse que j'avais employé autrefois, et décrit dans les *Transactions philosophiques* de 1809. Il consiste à enflammer par l'étincelle électrique un mélange du gaz alcalin avec l'oxide nitreux, en ayant l'attention d'employer un peu moins du dernier qu'il n'en faudrait pour décomposer entièrement le gaz ammoniacal, afin de prévenir la formation de l'acide nitreux, qui a toujours lieu quand l'oxide nitreux est en excès. Il ne faut, par exemple, employer, pour 10 de gaz ammoniacal, que 12 ou 13 d'oxide nitreux, au lieu de 15 qui seraient rigoureusement nécessaires. (Vol. IV, nouvelle série, des *Mémoires de la Société littéraire et philosophique de Manchester.*)

RAPPORT *de M.* Fresnel *sur le nouvel Hygromètre présenté à l'Académie des Sciences par M.* Babinet.

L'ACADÉMIE nous a chargés, MM. Gay-Lussac, Dulong et moi, de lui rendre compte du nouvel hygromètre qui lui a été présenté récemment par M. Babinet, professeur de physique au Collége royal de Saint-Louis.

Pour mesurer les petits allongemens que la chaleur produit dans des tiges métalliques, ou la grosseur de fils ou de cylindres d'un petit diamètre, on s'est d'abord

servi de leviers dont les deux bras étaient très-inégaux, de manière que les moindres déplacemens d'une des extrémités du levier produisissent un mouvement très-sensible à l'autre bout ; mais on a remarqué ensuite des causes d'erreur dans ce procédé, et l'on a reconnu qu'il était plus sûr de mesurer directement les petites longueurs au moyen de verniers ou de vis micrométriques.

C'est un perfectionnement semblable que M. Babinet a apporté dans l'hygromètre de Saussure. On sait que les allongemens du cheveu y sont indiqués par une longue aiguille fixée sur une petite poulie autour de laquelle le cheveu s'enroule. Les deux bras du levier sont ici dans le rapport du rayon de la poulie, à la longueur de l'aiguille. A l'extrémité inférieure du cheveu est attaché un petit poids qui le tient toujours tendu ; mais on aperçoit une cause d'erreur dans la possibilité des petites variations du centre de rotation et dans la flexion du cheveu, dont la partie enroulée sur la poulie peut bien ne pas conserver exactement la même longueur quand cette poulie tourne autour de son axe. Il est à craindre aussi que les petits frottemens de ce mécanisme n'en diminuent la sensibilité, et qu'il n'obéisse pas sur-le-champ à de très-légers changemens hygrométriques du cheveu ; ce qui oblige de lui donner de petites secousses.

Dans la disposition adoptée par M. Babinet, tous ces inconvéniens disparaissent : le poids est librement suspendu au cheveu, dont on mesure l'allongement directement, en visant avec un microscope fixe un repère gravé sur ce poids. Le cheveu est attaché, par son extrémité supérieure, à une pièce mobile que mène une vis micro-

métrique, au moyen de laquelle on la relève ou on l'abaisse, jusqu'à ce que le trait de repère coïncide avec le fil du microscope : alors l'extrémité inférieure du cheveu se retrouve dans sa position primitive, et son allongement est donné par la quantité dont il a fallu élever ou abaisser son extrémité supérieure, quantité que la vis micrométrique mesure à moins d'un centième de millimètre près. Si donc l'allongement total du cheveu est de 5 ou 6 millimètres, comme dans l'hygromètre de M. Babinet, où il a $0^m,25$ de longueur, on pourra observer jusqu'aux cinq centièmes de l'échelle hygrométrique, c'est-à-dire, les cinquièmes des degrés ordinaires.

Pour déterminer les deux points extrêmes, on enveloppe d'un cylindre de verre la partie verticale de l'instrument qui contient le cheveu, et l'on introduit alternativement de l'eau et de l'acide sulfurique concentré dans le vase que renferme le pied de l'instrument. On ramène, dans les deux cas, le repère sur le fil du microscope, et l'on note les indications de la vis micrométrique; leur différence ou la quantité totale dont la vis a marché donne l'étendue de l'échelle hygrométrique, qu'on divise en cent parties égales pour avoir la longueur de chaque degré.

L'hygromètre, ainsi enveloppé d'un tube de verre, peut être vissé sur un appareil fermé dont on voudrait connaître l'humidité intérieure. Dans son usage le plus ordinaire, qui sera toujours d'observer les variations hygrométriques de l'air, on a soin, au contraire, de le débarrasser de son enveloppe.

M. Babinet a placé dans le même instrument trois che-

veux, attachés à la même pièce de cuivre que fait mouvoir la vis micrométrique, mais tendus par des poids séparés, et dont les allongemens sont ainsi tout-à-fait indépendans ; en sorte qu'on a trois hygromètres dans un, qui se contrôlent mutuellement. Leurs indications comparées ne lui ont présenté que des différences d'un demi-degré, accord bien supérieur à celui des hygromètres ordinaires.

On peut adapter à cet appareil toute substance hygrométrique en fil ou tige mince, flexible ou non, et étudier commodément les dilatations que l'humidité lui fait éprouver. M. Babinet n'a encore examiné que les fils de cocon, dont l'allongement est environ moitié moindre que celui des cheveux, mais qui ont sur ceux-ci l'avantage de varier d'une manière presque proportionnelle aux différens degrés de saturation, de ressentir plus promptement l'influence hygrométrique de l'air, et d'être moins affectés par les changemens de température.

Cet appareil simple et ingénieux, que M. Babinet présente seulement comme un perfectionnement de l'hygromètre de Saussure, facilitera beaucoup l'étude des propriétés hygrométriques des corps, et apportera un plus haut degré de précision dans les observations météorologiques. Nous pensons en conséquence qu'il mérite l'approbation de l'Académie.

Examen chimique *d'un Fragment d'une masse saline considérable rejetée par le Vésuve dans l'éruption qui a eu lieu en 1822.*

Par M. Laugier.

M. Jules de Gaillard a fait don au Cabinet du Muséum d'Histoire naturelle d'un morceau du poids d'environ trente livres, détaché d'une masse saline de grosseur énorme, vomie par le Vésuve en 1822. Cette masse renferme une quantité de sel marin si abondante que les habitans pauvres de Naples et des environs se sont empressés d'en faire provision pour leurs usages domestiques.

L'Administration du Muséum, desirant connaître la composition de cette masse saline, m'a chargé d'en faire l'analyse.

Cette matière volcanique paraît, au premier coup-d'œil, formée de deux substances faciles à distinguer: l'une, et c'est la plus abondante, car elle en compose plus des deux tiers, est blanche, cristalline, lamelleuse, friable; sa saveur est celle du sel marin avec un arrière-goût d'amertume légère; l'autre, d'un rouge brunâtre, d'une saveur un peu salée, est plus dure que la première, et contient visiblement une assez grande quantité d'oxide rouge de fer.

La portion blanche, mécaniquement séparée de la portion colorée, se dissout dans l'eau froide sans laisser de résidu. Sa dissolution précipite fortement en jaune par la dissolution d'hydrochlorate de platine, et très-légèrement par les dissolutions d'oxalate d'ammoniaque

et de nitrate de baryte. Ces deux expériences prouvent que la portion blanche est mêlée d'une assez grande quantité d'hydrochlorate de potasse et d'un peu de sulfate de chaux.

J'ai pulvérisé 100 parties d'une portion de la masse dans laquelle les substances blanches et rouges m'ont paru à-peu-près également mélangées ; je les ai fait macérer dans de l'eau froide jusqu'à dissolution totale de la partie blanche ; j'ai décanté l'eau et pulvérisé la partie rouge, que j'ai de nouveau laissée en contact avec de l'eau froide jusqu'à ce que celle-ci n'eût plus de saveur. J'ai jeté le résidu sur un filtre et je l'ai lavé à froid. Ce dernier, devenu insipide, a été séché et calciné; il représentait 23 parties, qui furent réduites à 21 parties deux dixièmes par leur digestion dans l'eau bouillante. Celle-ci précipitait légèrement par l'oxalate d'ammoniaque, et beaucoup plus abondamment par le nitrate de baryte. Il fallait donc que l'acide sulfurique fût combiné à une autre base que la chaux, et c'est ce qu'a démontré l'évaporation de l'eau qui a laissé pour résidu une demi-partie de sulfate de chaux, et une partie deux dixièmes de sulfate de soude qui s'est effleuri à l'air et n'a pas donné de précipité par la dissolution d'hydrochlorate de platine.

Les 21 parties 2 dixièmes, insolubles dans l'eau, ont été fondues avec la potasse, délayées dans l'eau et redissoutes dans l'acide hydrochlorique en totalité. L'évaporation à siccité a fourni 11 parties et demie de silice. Le précipité que l'ammoniaque a formé dans la dissolution, après la séparation de la silice, traité par de l'hydrate de potasse liquide, a donné 4 parties 3 dixièmes

d'oxide de fer et 3 parties 5 dixièmes d'alumine. Enfin, l'oxalate d'ammoniaque a précipité de la dissolution privée du fer et de l'alumine, une quantité d'oxalate calcaire représentant une partie 3 dixièmes de chaux.

L'eau froide qui avait servi à traiter les 100 parties de la matière volcanique soumise à l'expérience a été évaporée à siccité; le résidu salin qu'elle a laissé s'est redissous dans l'eau, à l'exception d'une demi-partie d'une substance floconneuse qui a présenté les caractères du sulfate de chaux. La dissolution saline, évaporée de nouveau, a donné 73 parties 9 dixièmes d'un hydrochlorate alcalin.

Mais des essais faits antérieurement m'ayant démontré que l'hydrochlorate de soude enlevé par l'eau était mêlé d'hydrochlorate de potasse, il s'agissait de déterminer exactement la proportion dans laquelle ces deux sels se trouvaient. Pour y parvenir, j'ai pris 100 parties du sel marin de la portion blanche assez pure pour se dissoudre entièrement dans l'eau froide; j'ai introduit peu à peu dans sa dissolution de petits cristaux d'acide tartrique; j'ai cessé d'en ajouter lorsqu'en se dissolvant ils ne précipitaient plus la dissolution. J'ai recueilli le précipité lavé à l'eau froide et desséché avec précaution : son poids équivalait à 35 parties. Cette quantité de surtartrate alcalin représente 9 parties de potasse qui exigent pour leur saturation 5 parties 2 dixièmes d'acide hydrochlorique. Ainsi 100 parties de l'hydrochlorate de soude provenant de la masse volcanique du Vésuve renferment 14 parties 2 dixièmes d'hydrochlorate de potasse, et il en résulte que les 73 parties 9 dixièmes d'hydrochlorate de soude, que j'ai trouvées dans 100 parties de la masse

entière volcanique soumise aux expériences ci-dessus décrites, sont mêlées à 10 parties et demie d'hydrochlorate de potasse.

Curieux de vérifier si je retrouverais dans la dissolution précipitée par l'acide tartrique la quantité d'hydrochlorate de soude que cet acide n'avait point décomposée, je l'ai fait évaporer dans un creuset de platine, et j'ai calciné fortement le résidu pour décomposer l'acide végétal et brûler entièrement son charbon. J'ai obtenu une masse de sel marin fondue qui, défalquée du poids du creuset, m'a donné 83 parties : il est vrai que j'aurais dû obtenir 85 parties 8 dixièmes ; mais si l'on considère les pertes que l'on doit nécessairement éprouver dans une série nombreuse d'expériences, je pense que ce second résultat peut être regardé comme servant de contrôle au premier, quoiqu'il ne soit pas d'une exactitude rigoureuse.

Il résulte de cette analyse que 100 parties de la masse saline volcanique sont formées des substances ci-après désignées, dans les proportions suivantes :

Matières solubles dans l'eau froide.	Hydrochlorate de soude.	62,9
	Hydrochlorate de potasse,	10,5
	Sulfate de chaux	0,5
Matières solubles dans l'eau chaude.	Sulfate de chaux.	0,6
	Sulfate de soude.	1,2
Matières insolubles dans l'eau, fondues avec la potasse	Silice	11,5
	Oxide de fer.	4,3
	Alumine.	3,5
	Chaux.	1,3
		96,3
	Eau et perte	3,7
		100,0

(*Mémoires du Muséum d'Histoire naturelle.*)

Remarques *relatives aux résultats que M.* Daniell *a publiés sur le rayonnement de la chaleur dans l'atmosphère.*

M. Frédéric Daniell a publié en Angleterre, à la fin de 1823, des essais de météorologie dont les journaux de Londres et quelques Recueils périodiques français ont fait de grands éloges. Je me propose de soumettre les divers chapitres de cet ouvrage à un examen détaillé. Je commencerai aujourd'hui par celui qui traite du rayonnement de la chaleur à travers l'atmosphère.

Personne n'ignore qu'un thermomètre dont la boule est garantie du soleil par un écran quelconque monte moins haut, à parité de circonstances, qu'un instrument semblable qui serait directement frappé par les rayons de cet astre. Plusieurs physiciens ont cherché à évaluer cette différence de température; mais ils n'ont pas obtenu des résultats généraux : les instrumens et les circonstances de l'observation n'étant pas comparables, les évaluations numériques auxquelles ils se sont arrêtés ne conviennent qu'à des cas particuliers.

Le préambule du chapitre que j'analyse montre que M. Daniell a senti toutes les difficultés de la question. Je regrette de ne pouvoir dire avec une égale assurance qu'il les a évitées : le lecteur jugera lui-même, tout-à-l'heure, si mes doutes n'ont pas quelque fondement. Ces doutes, du reste, je les ai uniquement puisés dans l'examen des observations, et la singularité ou, si l'on veut, l'improbabilité du résultat qu'en déduit M. Daniell, n'y est entrée pour rien. Voici en quoi ce résultat consiste :

« La force calorifique des rayons directs du soleil » *diminue* à mesure qu'on se rapproche de l'équateur. » Passons maintenant aux observations.

Londres.

Le thermomètre de M. Daniell était à index; on l'avait placé sur la face méridionale d'une plate-bande de terreau, *à* UN *pouce de hauteur;* de la laine noire recouvrait la boule. Voici, pour toute une année, les résultats moyens et extrêmes fournis par la comparaison de ce thermomètre avec un instrument semblable non exposé au soleil, et qui donnait conséquemment la température de l'air :

	Maximum moyen de l'air.	Effet moyen du soleil.	Effet *maximum* du soleil.
Janvier	+ 4°,2	2°,4	6°,7
Février.....	+ 5,8	5,6	20,0
Mars.......	+ 10,0	8,9	27,2
Avril......	+ 14,3	15,6	26,1
Mai.......	+ 17,2	16,9	31,7
Juin.......	+ 20,8	22,2	36,1
Juillet.....	+ 20,7	14,3	30,6
Août.......	+ 21,2	18,4	32,8
Septembre..	+ 18,7	18,2	30,0
Octobre....	+ 13,2	15,5	23,9
Novembre..	+ 8,6	3,7	13,3
décembre...	+ 6,2	3,0	6,7

AMÉRIQUE. *Bahia ; Jamaïque.*

M. le capitaine Sabine, dans son dernier voyage aux régions équinoxiales, a fait des observations analogues. Je rapporterai d'abord celles de *Bahia*, au *Brésil :*

La boule du thermomètre exposé au soleil était noir-

cie et enveloppée dans de la laine noire; l'instrument *reposait* (1) sur de l'herbe.

	Thermomètre au soleil.	Thermomètre à l'ombre.	Différences.
24 juillet.	+ 45°,6	+ 27°,8	17°,8
25	+ 50 ,6	+ 27 ,8	22 ,8
26	+ 51 ,1	+ 28 ,3	22 ,8
27	+ 50 ,6	+ 28 ,3	22 ,3
28	+ 35 ,0	+ 25 ,6	9 ,4
29	+ 46 ,1	+ 25 ,6	20 ,5
30	+ 52 ,8	+ 26 ,7	26 ,1

A la *Jamaïque*, la boule du thermomètre que le capitaine Sabine exposa aux rayons solaires était à *dix* pouces du sol et en contact avec des végétaux alors en fleur. Cette boule, comme à Bahia, avait été noircie et recouverte de laine noire.

	Thermomètre au soleil.	Thermomètre à l'ombre.	Différences.
25 août.	+ 50°,0	+ 30°,0	20°,0
26	+ 50 ,6	+ 30 ,6	20 ,0
27	+ 50 ,0	+ 30 ,0	20 ,0
28	+ 50 ,0	+ 30 ,0	20 ,0
29	+ 50 ,6	+ 30 ,3	20 ,3
30	+ 50 ,6	+ 30 ,3	20 ,3

(1) C'est du moins là, ce me semble, le sens de cette expression : *A mercurial thermometer, was fully exposed to the sun* on grass.

Dans le même intervalle du 25 au 30 août, un thermomètre à mercure, à boule nue, suspendu aux branches les plus élevées d'un arbre mort et renversé, à $4\frac{1}{2}$ pieds au-dessus du sol, ne monta jamais, par l'action du soleil, au-delà de + 33°,7 centigrades, quantité qui ne surpasse l'indication *maximum* du thermomètre à l'ombre que de 3°,1.

Dans la même île de la Jamaïque, enfin, le 31 octobre, sur le sommet des collines du Port-Royal, à 4000 pieds anglais d'élévation, le thermomètre, recouvert de laine noire et posé sur le gazon, s'éleva jusqu'à + 54°,4 centigrades, tandis qu'à l'ombre il n'y avait que + 28°,3. La différence 26°,1 surpasse celle que les mêmes instrumens avaient donnée au niveau de la mer.

Afrique. *Sierra-Leone.*

A *Sierra-Leone,* dans le mois de mars, la plus grande différence entre un thermomètre à l'ombre et un second thermomètre *à boule noircie, suspendu à un pied et demi* au-dessus du parapet, en terre, du fort, ce qui le mettait à plusieurs pieds au-dessus du niveau général du sol, ne fut que de + 10°,17 centig.

Dans le premier voyage du capitaine Parry à *l'île Melville,* le 16 mars, un thermomètre exposé au soleil, à la poupe du bâtiment, près du gouvernail (on ne dit pas à quelle hauteur), marquait — 1°,6. A l'ombre, la température était — 29°,4. La différence 27°,8 centig. est donc la mesure de l'effet calorifique des rayons solaires.

Le 25 mars suivant, ce *maximum* d'effet s'éleva jusqu'à 30°,5 centigrades.

Tels sont les résultats d'après lesquels M. Daniell trouve qu'il est *incontestable* (incontrovertible) que les rayons solaires ont une force calorifique moins grande à l'équateur qu'en tout autre lieu de la terre. Voyons cependant si une légère *contestation* à ce sujet ne serait pas permise.

A Londres, le thermomètre de M. Daniell *touchait presque* le sol; la boule était noire et recouverte de laine de même teinte.

A *Sierra-Leone*, le thermomètre de M. Sabine n'était que noirci; on ne l'avait pas enveloppé de laine : ajoutons qu'ici la distance de la boule aux points les plus voisins du sol égalait 18 pouces. Ce ne serait donc qu'après avoir oublié les notions les plus élémentaires de physique qu'on pourrait se permettre de comparer immédiatement entr'elles des observations faites dans des circonstances aussi dissemblables.

L'instrument de Bahia était pareil à celui de Londres, beaucoup plus, du moins, que le thermomètre de Sierra-Leone : je ne trouve cependant pas que les résultats de Bahia et de Londres puissent être comparés entr'eux avec certitude. Un thermomètre *couché sur l'herbe* peut, ce me semble, s'élever sensiblement moins qu'un thermomètre en contact avec du terreau noir, sans que, pour expliquer le fait, il soit nécessaire d'avoir recours aux hypothèses de M. Daniell.

On rencontrera des difficultés du même genre si on veut essayer de tirer parti des observations de la Ja-

maïque. Dans cette île, c'est sur des végétaux, à *dix* pouces d'un sol garanti en grande partie de l'action directe des rayons solaires, que le thermomètre sera placé. Au sommet des collines du Port-Royal, l'instrument *reposera* sur du gazon : ces expériences ne peuvent être comparées ni entr'elles ni avec celles de Londres.

Mais, dira-t-on peut-être, les seules observations de M. Daniell, combinées avec celles du capitaine Parry, ne suffisent-elles pas pour justifier les vues de ce physicien ? Nous avons cru devoir faire abstraction des résultats de l'équateur, à cause que les circonstances n'étaient point comparables ; c'est parce que les circonstances ne sont pas suffisamment connues que je rejetterais les résultats des régions polaires. Qui ne sait d'ailleurs combien la force réfléchissante de la neige est considérable ? Il aurait fallu faire, par le calcul ou par l'expérience, la part de cette réflexion, avant de comparer les observations de Londres avec celles du capitaine Parry.

Si M. Daniell pensait que j'accorde une trop grande influence aux circonstances locales ; s'il soutenait qu'une plus ou moins grande élévation du thermomètre au-dessus du sol et que l'enveloppe de laine n'ont pas dû modifier sensiblement les résultats, je lui signalerais une nouvelle découverte qui découlerait alors trop directement de ses observations pour qu'il ne fût pas juste de lui en laisser tout l'honneur : ce serait que le soleil, par des latitudes égales, a une force échauffante plus grande en Amérique qu'en Afrique, et sur le continent que dans les îles.

Avant le travail dont nous venons de rendre compte, M. Flaugergues s'était déjà livré à une longue suite de recherches, dans la vue de déterminer aussi l'influence calorifique que peuvent avoir les rayons solaires, en tombant directement sur la boule d'un thermomètre *noircie avec une couche d'encre de la Chine.* Comme toutes les précautions avaient été prises pour soustraire l'instrument, autant que possible, aux rayons réfléchis par le sol et les objets voisins, les résultats obtenus par cet observateur paraissent mériter toute confiance. Voici en quoi ils consistent :

A Viviers, par 44°,29′ de latitude nord, la différence moyenne entre le thermomètre à l'ombre et le thermomètre exposé au soleil, *dans un temps parfaitement calme*, était de 9°,9 centig.

Cette différence diminuait sensiblement dès qu'il y avait du vent, et cela au point même de n'être plus que de 2° ou 2°,5 si le vent soufflait avec violence.

Dans trois années d'observations consécutives et assidues, le thermomètre au soleil a marqué, *deux* fois, 11°,4 centig. de plus que le thermomètre à l'ombre ; jamais la différence ne s'est élevée à 12°.

En groupant ensemble les observations faites par un temps calme, entre le 21 novembre et le 21 janvier, c'est-à-dire, un mois avant et un mois après le solstice d'hiver, on trouve que la chaleur moyenne communiquée au thermomètre par les rayons du soleil est de + 10°,07 centig.

Si l'on additionne de même les différences observées un mois avant et un mois après le solstice d'été, le résultat moyen sera + 10°,12. D'où il suit, dit M. Flau-

gergues, que les rayons solaires ont la même force calorifique en hiver et en été ; résultat qui paraîtra fort singulier, et que l'auteur regarde comme la confirmation d'une ancienne hypothèse de Deluc, suivant laquelle la lumière doit produire d'autant plus d'effet que son trajet dans l'atmosphère a été plus long. Mais ne faudrait-il pas, surtout à raison des changemens continuels des circonstances atmosphériques, quelques centaines d'observations, au moins, pour établir l'égalité de force calorifique qu'admet M. Flaugergues ? Et, cependant, c'est de deux groupes seulement, de six observations chacun, que le résultat est déduit. Voici, au reste, l'ensemble des observations faites en temps parfaitement calme :

	Différence des deux thermomètres.
20 février 1815......	8°,9 centig.
3 mars............	10 ,1
28................	9 ,7
12 avril...........	9 ,2
4 mai.............	10 ,6
11................	10 ,4
18 juin............	9 ,0
5 juillet...........	10 ,2
15................	10 ,6
23 août............	9 ,6
27................	9 ,2
3 septembre........	9 ,5
10................	9 ,0
20................	9 ,2
25................	10 ,9
15 janvier 1816......	9 ,6

	Différence des deux thermomètres.
1er février.........	9°,6 centig.
8 mai.............	9 ,6
18 juillet...........	9 ,6
21................	10 ,4
25................	9 ,6
4 août............	8 ,7
8.................	9 ,2
29................	10 ,0
15 septembre........	10 ,5
29................	10 ,0
10 octobre..........	11 ,4
14................	10 ,6
29 décembre........	9 ,5
20 février 1817.....	10 ,9
13 mars............	9 ,7
9 novembre........	11 ,4
24................	11 ,0

M. Flaugergues ne croit pas que si les différences entre les deux thermomètres sont plus grandes par un temps calme que quand le vent souffle, cela dépende du plus prompt refroidissement que le mouvement de l'air doit amener dans l'instrument exposé au soleil; c'est, suivant lui, par une modification particulière de la lumière qu'elle ne produit pas autant d'effet calorifique lorsque l'air est en mouvement; mais cette singulière opinion n'ayant point reçu l'assentiment des physiciens, il serait inutile de la discuter ici.

Après le coucher du soleil, les corps terrestres, comme on sait, perdent, par rayonnement, une grande par-

tie de leur chaleur. Ces corps passent ainsi à une température inférieure à celle de l'air qui les baigne. On peut voir, dans les *Annales* (tome v, page 183 et suiv.), quel heureux parti le D[r] Wells a tiré de cette remarque pour expliquer les phénomènes de la rosée.

M. Daniell a essayé durant trois années de déterminer, à l'aide d'un thermomètre à *minimum*, dont la boule était couverte de laine noire et qui reposait sur un gazon court, à combien se monte cet abaissement de température dans les différentes saisons. Voici les résultats extrêmes :

Janvier........	5°,6 centig.
Février........	5 ,6
Mars..........	5 ,6
Avril..........	7 ,8
Mai...........	7 ,2
Juin..........	8 ,9
Juillet........	7 ,2
Août..........	6 ,7
Septembre.....	7 ,2
Octobre.......	6 ,1
Novembre......	5 ,6
Décembre......	6 ,1

M. le capitaine Sabine a fait de semblables observations à Bahia. Le thermomètre reposait aussi sur le gazon, et la boule était recouverte de laine noire : ses abaissemens au-dessous de la température de l'air ont été comme il suit :

Le 24 juillet...........	2°,5 centig.
25...............	2 ,5
26...............	5 ,3
27...............	5 ,0
28...............	1 ,9
29...............	4 ,2
30...............	0 ,6

A la Jamaïque, le même observateur a trouvé (le thermomètre étant supporté par des végétaux à 10 pouces du sol) :

Le 25 octobre........	2°,2 centig.
26...............	3 ,9
27...............	6 ,1
28...............	5 ,6
29...............	6 ,4
30...............	6 ,1
3 novembre......	5 ,0

Enfin, à 4000 pieds anglais au-dessus du niveau de la mer, dans la même île, les indications du thermomètre en contact avec le gazon étaient inférieures à celles d'un instrument semblable suspendu dans l'air :

Le 31 octobre....	de 7°,8	(à 10 heures du soir).
1er novembre.	de 10 ,0	(à 5 heures du matin).
Idem........	de 7 ,2	(à 11 heures du soir).
2 novembre..	de 5 ,0	(à 5 heures du matin).

« D'après ces expériences, dit M. Daniell, considérées dans leur ensemble, il paraît que la même » cause qui, dans l'atmosphère, arrête la chaleur rayonnante venant du soleil, s'oppose aussi au retour de » cette chaleur de notre globe dans l'espace, et que,

» pour une température donnée, la radiation des corps » terrestres est moindre entre les tropiques qu'à » Londres. »

Mais attendu le petit nombre d'observations des tropiques et les grandes variations qu'elles présentent presque du jour au lendemain; attendu surtout, comme cela résulte des belles expériences du Dr Wells, que la clarté de l'air et la force du vent influent sur l'intensité du refroidissement nocturne, on pourra, ce me semble, et jusqu'à plus amples vérifications, se borner à déduire des observations qui précèdent, que, du 24 au 30 juillet, pendant le séjour de M. Sabine à Bahia, l'atmosphère y était moins calme ou moins pure que dans les jours du même mois où M. Daniell a trouvé, à Londres, un rayonnement nocturne de 8 à 9° centigrades.

DES *différentes Manières dont les Corps agissent sur l'organe du goût.*

PAR M. CHEVREUL.

DANS la persuasion où je suis que beaucoup de phénomènes ne nous paraissent compliqués que parce qu'ils sont le résultat de plusieurs causes qui agissent simultanément, j'ai pour principe, lorsque j'examine des phénomènes de ce genre, de chercher à démêler les différentes causes qui peuvent agir, afin de rapporter à chacune d'elles les effets qui en dépendent. En envisageant sous ce point de vue les sensations si variées que nous

percevons lorsque des corps sont introduits dans la bouche, je suis arrivé à faire une analyse satisfaisante de ces sensations en reconnaissant celles que nous percevons, 1°. *par le tact de la langue*; 2°. *par le goût*; 3°. *par l'odorat.* On reconnaît généralement que nous sommes susceptibles de percevoir ces trois ordres de modifications par l'introduction des corps dans la bouche; mais parce qu'aucun des physiologistes que j'ai consultés ne m'a indiqué les moyens de reconnaître les modifications spéciales à chacun des sens du tact, du goût et de l'odorat, je me suis déterminé à publier les résultats suivans, qui font partie de *mes Considérations générales sur l'analyse organique immédiate et sur les applications de cette branche de la chimie à l'histoire des êtres organisés.*

Il n'est pas possible de séparer l'action qu'une substance introduite dans la bouche exerce sur le tact, de l'action qu'elle exerce sur le goût; mais il est facile de distinguer les effets produits sur chacun de ces sens: pour cela on appréciera d'abord l'effet produit par la substance sur l'organe du tact, en appliquant cette même substance sur une partie de notre corps autre que la langue; ensuite on fera abstraction, par la pensée, de l'effet produit dans ce cas, de ceux qui le sont lorsqu'on met la substance dans la bouche, et on aura, par ce moyen, l'effet produit sur le goût: seulement, parce que la langue est plus sensible que la peau, la sensation du tact de la langue sera plus intense que celle du tact de la peau. Par exemple, si on presse du chlorure de calcium réduit en poudre sur la peau, l'eau de la transpiration sera solidifiée par ce composé, et

l'on éprouvera une sensation de chaleur. Si l'on prend, au contraire, l'hydrochlorate de chaux cristallisé réduit en poudre, il se liquéfiera et on ressentira du froid. Il est évident maintenant que le chlorure de calcium mis dans la bouche produira de la chaleur, tandis que l'hydrochlorate de chaux y produira du froid, et que les effets seront plus marqués qu'à la surface du corps, puisque la langue est plus sensible et qu'elle est plus humide que la peau. Les corps qui se fondent ou qui s'évaporent à la surface du corps en produisant du froid, en produiront encore dans la bouche s'ils s'y fondent et s'ils s'y évaporent.

Mais comment séparera-t-on la sensation de l'odorat des sensations du tact de la langue et du goût proprement dit? d'une manière très-simple : il suffira de presser les deux narines l'une contre l'autre pour empêcher toute sensation de la part de l'odorat, parce qu'alors l'air qui s'est chargé plus ou moins dans la bouche des parties odorantes qu'une substance sapide et odorante a émises, ne pouvant plus être expiré par le nez, ne portera plus à la membrane pituitaire les molécules qui occasionent la sensation de l'odeur. Dans le cas où les narines sont pressées, il n'y a donc que les sensations du tact de la langue et du goût qui sont perçues. On ne saurait se faire une idée des différences extrêmes qui existent entre les sensations qu'on perçoit d'une substance sapide et odorante, suivant que le passage de l'air expiré par le nez est libre ou interrompu.

Je suis parvenu à établir quatre classes de corps, relativement aux sensations qu'ils excitent en nous lors-

qu'on les met dans la bouche : je ne parle point ici des substances caustiques qui altèrent les organes.

1re Classe. *Corps qui n'agissent que sur le tact de la langue.*

Le cristal de roche, le saphir, la glace.

2e Classe. *Corps qui n'agissent que sur le tact de la langue et sur l'odorat.*

Les métaux odorans : lorsqu'on met de l'étain dans la bouche, on perçoit l'odeur de ce métal ; et en se pressant les narines, toute sensation autre que celle du tact disparaît complètement.

3e Classe. *Corps qui agissent sur le tact de la langue et sur le goût.*

Tels sont le sucre, le chlorure de sodium : lorsqu'on met ces corps dans la bouche, les sensations qu'ils causent ne sont point modifiées dans le cas où les narines sont pressées.

4e Classe. *Corps qui agissent sur le tact de la langue, sur le goût et sur l'odorat.*

Exemples : 1°. les *huiles volatiles.* Elles ont en général de l'âcreté, avec une odeur particulière à chaque sorte d'huile. Quand on les met dans la bouche et qu'on se presse les narines, la sensation d'âcreté est toujours sensible, tandis que celle de l'odeur s'évanouit entièrement. 2°. Les *pastilles de menthe*, de *chocolat :* les narines étant pressées après qu'elles ont été introduites dans la bouche, on ne ressent plus que la saveur du

sucre ; si on cesse de se presser les narines, l'odeur de la menthe, celle du cacao redeviennent sensibles.

Il n'est pas inutile de faire remarquer que le goût *urineux* qu'on attribue aux bases alcalines fixes n'appartient point à ces substances, mais bien à l'ammoniaque qui est mise en liberté par la réaction des bases alcalines fixes sur les sels ammoniacaux contenus dans la salive. Les preuves en sont, 1°. dans la disparition de la sensation dont je parle lorsque les narines sont pressées ; 2°. dans la perception de la même sensation lorsqu'on flaire un mélange de salive fraîche et d'alcali qu'on a opéré dans une petite capsule de porcelaine ou de verre.

Il paraît qu'avec l'âge le sens de l'odorat s'affaiblit avant celui du goût.

(*Mémoires du Muséum d'Histoire naturelle.*)

Description *d'un Appareil électro-dynamique.*

Par M. Ampère.

Depuis les premières découvertes sur les propriétés de l'électricité en mouvement, on a beaucoup diversifié la forme des appareils destinés à la recherche ou à la démonstration de ces propriétés. D'abord, chaque observateur a inventé des instrumens pour démontrer isolément les phénomènes qu'il découvrait : tels sont les appareils avec lesquels j'ai fait mes premières expériences et ceux que j'ai imaginés depuis pour les différens cas où il se produit des mouvemens de rotation con-

tinue, dès que M. Faraday eut fait connaître celui avec lequel il a obtenu le premier exemple de cette sorte de mouvement; tels sont les appareils flottans de MM. de la Rive et Van der Heyden, la roue plongeante de M. Barlow, etc. Bientôt on s'est aperçu que le nombre de ces appareils spéciaux les rendait fort incommodes, surtout pour la démonstration. C'est pourquoi j'ai cherché à construire des instrumens avec lesquels on pût faire le plus grand nombre possible d'expériences, pensant que les procédés pratiques, communs à plusieurs d'entre elles, en abrégerait et en faciliterait l'explication, surtout en disposant les faits d'après leur analogie.

On trouve décrit dans le *Manuel d'Électricité dynamique* de M. Demonferrand deux de ces appareils qui, en raison des nombreuses combinaisons qu'ils présentent, peuvent également servir, soit à reproduire les phénomènes électro-dynamiques connus, soit à en découvrir de nouveaux. Ces instrumens sont très-commodes pour les savans, qui, libres de les considérer sous toutes leurs faces, acquièrent promptement l'habitude de les employer : néanmoins, dans les cours publics, ils sont difficiles à expliquer, parce que certains conducteurs sont cachés par la table ou les uns par les autres. Dès-lors l'attention des auditeurs est détournée des pièces sur lesquelles opère le professeur, par les autres parties de l'appareil qui restent exposées à leurs regards.

Pour réunir les avantages des deux espèces d'appareils spéciaux et généraux, il fallait d'abord rendre permanentes les parties de l'instrument destinées à effectuer des opérations communes à toutes les expériences, et ensuite appliquer successivement l'action de ces parties commu-

nes à des appareils spéciaux dont chacun se rattachât isolément à l'appareil général par un même procédé. Tel est le but que je me suis proposé d'atteindre dans l'instrument dont je donne ici la description (1), et qui est aujourd'hui aussi nécessaire dans un cabinet de physique qu'une machine électrique ou une machine pneumatique, puisque ce n'est qu'en faisant, à l'aide de cet instrument, les expériences que nous allons décrire, qu'on peut acquérir une idée nette de l'action mutuelle des diverses portions du circuit voltaïque, action dont on n'a confondu les effets avec ceux qu'on produit en faisant agir un fil conducteur sur un aimant ou l'aimant sur le fil, que parce que c'est la découverte faite par M. Œrsted de l'action qui s'exerce dans ce cas, qui a été l'occasion de celle de l'action mutuelle de deux fils conducteurs.

Dans les expériences d'électricité dynamique, une portion du circuit voltaïque rendue mobile est soumise à l'action d'un conducteur fixe, d'un aimant *ou de* la terre. Pour que le circuit ne soit pas interrompu, cette partie mobile doit être réunie à la masse des conducteurs par des coupes pleines de mercure, métal dont on se sert également pour réunir entre elles les parties de l'appareil que l'on ne peut pas lier et souder invariablement. Par la même raison, il est encore utile, chaque fois qu'on se sert de l'appareil, de gratter les coupes, les pointes et les couronnes des diverses pièces dont on se propose de faire usage : sans cette précaution, il pourrait arriver que le courant fût intercepté, et dès-lors toute action suspendue. Enfin, s'il est indispensable d'assurer la

---

(1) Cet instrument se trouve chez M. Pixii, ingénieur en instrumens de physique et de mathématiques, rue du Jardinet, n°. 2.

liberté des communications prévues, il est également important d'éviter celles qui pourraient accidentellement présenter au fluide une route autre que celle qu'il doit suivre. C'est pourquoi il est bon que la table *gh* (*fig.* 1) qui porte l'appareil soit revêtue d'un vernis isolant, et il faut éviter, avec le plus grand soin, d'y répandre de l'eau acidulée, et surtout se débarrasser du mercure qui y tombe lorsqu'on le verse dans les cavités et dans les rigoles creusées dans cette table. A cet effet, une ouverture *P* pratiquée vers son milieu, et communiquant avec un tiroir *V*, est destinée à recevoir le métal surabondant que l'on y conduit en le balayant avec une plume.

Quant aux suspensions, elles sont de trois espèces : 1°. dans deux coupes situées sur une même verticale ; 2°. dans deux coupes placées sur une même horizontale : ce mode de suspension doit se placer successivement dans tous les azimuths ; 3°. dans une seule coupe pour les expériences de rotation continue. Il est important, dans la pratique, que les deux rhéophores soient fixés à la table pendant le cours des expériences, qu'on puisse faire plonger à volonté chacun d'eux, soit dans la rigole *A*, soit dans la rigole *a*, et, quand on cesse de se servir de l'instrument, les enlever et les nettoyer : or, c'est à quoi on réussit fort bien en les maintenant dans ces rigoles avec une vis de pression *p* attachée sur le bord de la table. Enfin, il est indispensable qu'on puisse, par un mouvement prompt et facile, suspendre l'action électro-dynamique ou en changer le sens, en renversant la marche du courant, soit dans les conducteurs fixes, soit dans les conducteurs mobiles. Cette dernière condition, qui offrait d'assez grandes difficultés

à surmonter, s'obtient aisément au moyen de la disposition suivante.

En supposant celui qui opère placé en avant de la table et tourné vers elle, il aura à sa droite les réophores *R*, *r*, et devant lui, du même côté, deux bascules destinées à changer la direction du courant des conducteurs fixes et des conducteurs mobiles. Les bascules *K*, *k*, élevées d'environ un pouce au-dessus de la table, sont formées chacune de deux plaques de cuivre isolées par un morceau de bois vernis ou d'ivoire. Sur les bords latéraux de ces plaques on remarque huit appendices, dont quatre situés à droite plongent, lorsque l'on incline de ce côté la bascule la plus rapprochée de l'opérateur, dans les rigoles *A*, *B* et dans les deux cavités *C*, *D*; les quatre autres appendices, lorsque cette bascule est inclinée à gauche, plongent dans les mêmes rigoles *A*, *B* et dans les cavités *C'*, *D'*; mais en la maintenant dans une position horizontale, toute communication métallique est rompue entre *A* et *B* et les cavités *C*, *D*, ou *C'*, *D'*. Celles-ci communiquent deux à deux, c'est-à-dire, *C* avec *C'*, et *D* avec *D'*, au moyen de lames de cuivre placées en sautoir sur la table, revêtues de soie et séparées l'une de l'autre par une pièce de bois verni. Les cavités *G* et *H* répondent à des lames de cuivre qui aboutissent, l'une dans la cavité *C'*, et l'autre dans la cavité *D'*: elles sont donc aussi en communication, la première avec *C*, et la seconde avec *D*. Une seconde bascule *k*, placée un peu plus loin de l'opérateur, et toujours à sa droite, sert, suivant le sens dans lequel on l'incline, à établir ou à interrompre les communications entre les rigoles *B* et *a* et les cavités *c*, *d*, ou *c'*, *d'*. Celles-

ci, réunies par couples à l'aide d'un sautoir semblable au précédent, sont disposées de manière que c et c' communiquent avec la coupe S, dont on règle la hauteur au moyen de la vis z, placée au-dessous de la table, et en même temps avec la colonne ET à l'aide du ressort II' placé sous la table. De leur côté, d et d' communiquent d'abord avec deux rigoles semi-circulaires MN, mn, qui contiennent du mercure dans lequel plongent les deux extrémités du fil tuv d'un galvanomètre, et par suite, avec la colonne FU et avec la cavité O.

Pour qu'on puisse voir plus facilement la disposition de ces coupes, de ces bascules et de leurs communications, on les a représentées plus en grand (*fig.* 2), en indiquant les mêmes parties de l'appareil par les mêmes lettres dans cette figure et dans la figure 1.

Les colonnes ET, FU sont en cuivre et servent indistinctement, suivant la position de la bascule k, l'une à transporter le courant dans les conducteurs mobiles, qui se suspendent dans les coupes x, y, x', y', et l'autre à le ramener. A cet effet, la colonne ET communique avec la coupe X, et FU avec Y. Ces deux coupes sont isolées l'une de l'autre par un tube de verre revêtu d'une couche de laque. La première X communique avec les deux coupes x, x', et la seconde Y avec y et y'. Chaque système de deux coupes x et y ou x' et y' fournit aux conducteurs mobiles une suspension verticale passant par le centre des coupes, et x avec y', ou x' avec y, une suspension horizontale qui peut se mettre dans tous les azimuths en faisant tourner le bouton Z.

Cela posé, voyons comment se font les expériences.

1°. Pour les attractions et répulsions des courans angu-

laires, on place le rectangle redoublé *MNOP* (*fig.* 3) de manière que les quatre pointes *L*, *L*, *L*, *L* du plateau qui le soutient entrent dans les points de repère indiqués sur la table par la même lettre *L*, et que les deux extrémités *G*, *H* plongent dans les coupes de même nom; puis on suspend dans les coupes *x* et *y* le conducteur mobile (*fig.* 4) destiné aux actions angulaires. Alors, si *R* est le rhéophore positif et que les deux bascules soient inclinées à droite, le courant passe de *A* à *C*, puis à *C'* et à *G*, parcourt le rectangle *MNOP* dans le sens *MN*, revient dans la cavité *H*, est transmis en *D' D B c'*, monte dans la colonne *ET*, arrive dans les coupes *X* et *x*, parcourt le conducteur mobile en suivant (*fig.* 4) la direction *xabcdefghiy*, redescend par la colonne *UF*, traverse le galvanomètre *tuv* destiné à constater que le courant est réellement établi dans l'appareil comme il doit l'être, et se rend dans la cavité *d'*, puis dans la rigole *a* où on a plongé le rhéophore négatif. La portion du courant électrique qui parcourt *de* étant dirigée vers le sommet de l'angle, de même que celle qui parcourt le côté *MN* du conducteur fixe, il y aura attraction, et pour changer cette attraction en répulsion, il suffit d'incliner à gauche l'une ou l'autre des bascules *K*, *k* : la première renverse le courant du rectangle fixe, et la seconde celui du conducteur mobile, en sorte que si on les inclinait à la fois du même côté, l'attraction subsisterait.

Cette remarque est importante, parce que c'est elle qui nous fournit un moyen pour ne pas confondre l'action de la terre avec celles qu'exercent les diverses parties de l'appareil. Les mouvemens auxquels celles-ci donnent naissance ne changent pas quand on renverse à la fois le

courant dans les conducteurs fixes et mobiles en faisant plonger dans la rigole *a* le rhéophore placé d'abord dans la rigole *A*, et dans cette dernière celui qui plongeait auparavant dans la première, tandis que, dans les mêmes circonstances, l'action des courans du globe, dont la direction est constante, se manifeste en faisant changer le sens du mouvement des conducteurs mobiles (A).

Le conducteur mobile (*fig.* 4), et plusieurs dont il sera bientôt question, sont *astatiques*, c'est-à-dire, qu'on les a disposés de manière à les soustraire à l'influence que la terre exerce sur eux. Pour cela, on force le courant à suivre alternativement des directions opposées, et telles que la somme des actions exercées par le globe soit nulle. Ainsi, dans le conducteur mobile (*fig.* 4), le mouvement de l'électricité ayant lieu dans le sens *x a b c d e f g h i y*, le courant est descendant dans la partie *c d*, et ascendant dans la portion *g h*; elles tendent donc avec des forces égales, l'une à se diriger vers l'est et l'autre vers l'ouest. De même aussi, dans les branches horizontales *d e* et *h i*, l'influence du globe est contre-balancée par l'action qu'il exerce sur les courans opposés *b c*, *f g*. Quant aux portions *a b* et *e f*, comme elles se trouvent dans l'axe de rotation, il est inutile d'y avoir égard. Ce conducteur mobile, suspendu aux coupes x', y', répond au milieu de la partie *M N* du rectangle (*fig.* 3); on a alors action dans deux angles de suite: dans l'un elle est attractive, dans l'autre répulsive; l'effet produit est le même que dans la disposition précédente, mais l'intensité en est doublée.

Le conducteur mobile (*fig.* 5) peut être alternativement placé dans les coupes x et y ou x' et y'. Dans le

premier cas, le courant venant toujours par les coupes *X* et *x*, suit la route *xabcdefghiy* : dès-lors, dans les fils *cd* et *gh*, ce courant est encore dirigé vers le sommet de l'angle que ces deux fils forment avec le conducteur fixe : c'est pourquoi si l'on place le conducteur mobile perpendiculairement au rectangle fixe, les deux portions *cd* et *hg* seront toutes deux attirées, ou toutes deux repoussées, suivant le sens du courant du conducteur fixe. Dans le cas où il y attraction, il en résulte un équilibre non stable; car si l'un de ces fils est accidentellement un peu plus rapproché que l'autre du conducteur fixe, il en sera plus fortement attiré et se portera vers lui. Si l'on change, à l'aide des bascules, la direction du courant, soit dans l'un, soit dans l'autre conducteur, l'attraction sera changée en répulsion, et le conducteur mobile se placera perpendiculairement au conducteur fixe. Ici l'équilibre est stable.

Lorsqu'on suspend le même conducteur dans les coupes *x'*, *y'*, le courant suit une direction opposée à la précédente, et parcourt le conducteur mobile dans la direction *yihgfedcba*; par conséquent, dans les fils *ed* et *gh*, il s'éloigne de la partie moyenne *dh*, en sorte que la répulsion, d'une part, et l'attraction, de l'autre, se font mutuellement équilibre : l'appareil reste immobile.

Le conducteur (*fig.* 6), suspendu dans les coupes *x'*, *y'*, livre passage au fluide dans le sens *x'abcdefghiy'*; si donc il coupe à angle droit le conducteur fixe *MN* (*fig.* 3), il tendra à se mouvoir jusqu'à ce que la branche *de* soit parallèle à *MN*, et que dans l'un et l'autre conducteur, le courant soit dirigé dans le même sens. Aussi verra-t-on celui qui est mobile faire une

demi-révolution si l'on vient à changer la direction de l'un des courans.

L'appareil (*fig.* 7) est destiné à faire voir que dans le conducteur (*fig.* 6), les branches cd, ef contribuent à l'effet produit, parce qu'il n'y a plus dans celui de la figure 7 que les branches désignées par ces mêmes lettres qui soient soumises à l'action du conducteur fixe (*fig.* 3), et que cependant le mouvement se produit encore, à la vérité avec une force beaucoup moindre. Le même conducteur mobile (*fig.* 7) sert, en outre, ainsi que celui de la figure 13, pour les expériences relatives à l'action mutuelle de deux courans dont les directions forment constamment un angle droit.

Le conducteur (*fig.* 8) sert à mettre en évidence l'action qu'exercent l'un sur l'autre deux courans parallèles horizontaux. On place ce conducteur dans les coupes x, y'; le courant suit donc la direction $xaby'$: or, ab est parallèle à MN et dans le même sens : il y aura donc attraction. Changez l'un ou l'autre courant, la répulsion succédera à l'attraction. Pour la même expérience sur des courans parallèles verticaux, on se sert de l'appareil (*fig.* 9), que l'on substitue au rectangle redoublé (*fig.* 3). Les extrémités des fils G et H plongent dans les deux cavités G et H (fig. 1). Alors, si le courant arrive par H (*fig.* 9), il monte dans mn, descend dans op, arrive dans la coupe G, et se porte ensuite dans le conducteur mobile (*fig.* 5) suspendu dans les coupes x, y. Le courant est descendant dans les branches bc, fg, ainsi que dans le fil op: il y aura donc attraction. Dans cette disposition comme dans les précédentes, on change la direction du courant fixe avec la bascule K, ou celle du

courant mobile avec la bascule *k*, et dans l'un et l'autre cas on voit la répulsion remplacer l'attraction.

L'égalité des actions attractives et répulsives que développent les courans horizontaux ou verticaux qui se meuvent dans le même sens ou dans des directions opposées, est mise en évidence au moyen du conducteur mobile (*fig.* 21) composé de deux fils garnis de soie, et qui servent, l'un à conduire et l'autre à ramener l'électricité, en sorte que si le courant est descendant dans l'un il est ascendant dans l'autre; il devra dont rester en repos, soit que l'on oppose sa branche verticale *cd* au fil *op* du conducteur (*fig.* 9.), ou sa partie horizontale *de* aû rectangle redoublé (*fig.* 3).

Pour démontrer l'égalité d'action d'un conducteur rectiligne et d'un conducteur sinueux, on retourne le même appareil (*fig.* 9), de manière que les extrémités *G'* et *H'* des fils conducteurs plongent dans les coupes de même nom. Les choses étaut ainsi disposées, si le courant entre par *H'*, il monte par *r u*, descend par le conducteur sinueux, remonte par *po*, et redescend par *nm*, passe de la cavité *G* (*fig.* 1) au conducteur mobile, est descendant dans la branche *bc* (*fig.* 5), ainsi que dans les tiges *nm* et *tv* (*fig.* 9), d'où résultera l'attraction de celles-ci pour *bc*. Ce fil resteraitdonc en repos s'il était également éloigné du conducteur sinueux *tv* et du fil *nm*; mais comme il est à-peu-près impossible d'établir cette parfaite égalité de distance, on voit le fil mobile *bc* se porter vers le conducteur fixe dont il est le plus voisin. Dans cette expérience, il vaut donc mieux avoir recours à la répulsion : ce que l'on fait en inclinant la bascule *K* à gauche : dès-lors le courant devient ascendant dans

le conducteur fixe, tandis qu'il continue à être descendant dans le fil mobile, qui, par cela même, se place à égale distance de vt et mn.

On peut faire la même expérience d'une autre manière, en opérant avec le conducteur mobile (*fig.* 22) précisément comme nous venons de dire qu'on opérait avec celui de la figure 21, et en constatant que les mêmes conducteurs fixes n'exercent aussi aucune action sur lui, quoique des deux fils dont il se compose un seul soit rectiligne et l'autre sinueux.

Le conducteur mobile (*fig.* 10) formé de deux cercles parcourus en sens contraires étant placé dans les deux coupes x, y, et soumis à l'influence qu'exerce le courant qui traverse le fil op (*fig.* 9), sera attiré ou repoussé suivant que le courant établi dans la portion du cercle qui est voisine de op aura lieu dans le même sens ou en sens contraire : ainsi, l'électricité arrivant dans la coupe H, descend par op, parvient ensuite en x (*fig.* 10), et parcourt les deux cercles dans la direction $xabcdefgfhy$. Il sera donc facile, en les plaçant convenablement, d'obtenir à volonté l'attraction ou la répulsion.

Pour toutes les expériences de rotation continue, on place les trois pointes O, l, l du trépied (*fig.* 12) dans la cavité et les points de repère marqués des mêmes lettres sur la table; alors on pose sur ce trépied le vase de cuivre (*fig.* 11), dont le pied JI vient plonger dans la cavité I (*fig.* 12) qui communique par la lame de cuivre IO avec la cavité O (*fig.* 1). Ce vase est ensuite rempli d'eau acidulée, dans laquelle plonge la partie inférieure de tous les conducteurs mobiles destinés à ce genre d'expériences. Le courant ne passe plus

alors dans les deux colonnes *E T*, *F U*, qui ne lui présentent aucune issue, parce qu'on a eu la précaution d'ôter les conducteurs mobiles : ainsi, après avoir parcouru le conducteur fixe, il arrive dans la rigole *B*, passe dans la cavité c', en supposant la bascule *k* inclinée à droite, se rend dans la coupe *S*, parcourt le conducteur mobile qui y est suspendu, traverse l'eau acidulée du vase, le vase lui-même, et se rend au rhéophore négatif par la lame $O o d'$. Dans l'appareil qui vient d'être décrit, le mouvement est produit par l'action d'une spirale placée sur le bord du trépied, de manière à entourer le vase ; on fait descendre le long des deux autres pieds du trépied les deux extrémités de la lame de cuivre qui forme la spirale, et on les fait plonger, l'une dans *G*, et l'autre dans *H*. Quand le mouvement doit être produit par un courant rectiligne tangent au vase, on emploie le rectangle (*fig.* 3) : on peut, dans ce cas, substituer au trépied armé d'une spirale un autre support tout pareil mais qui en soit dépourvu, ou bien continuer à se servir du premier en ayant soin de relever les extrémités *G* et *H* (*fig.* 12) de la spirale, de manière qu'elles ne plongent plus dans les cavités correspondantes *G*, *H* (*fig.* 1) : ce sont alors les appendices *G*, *H* du rectangle redoublé (*fig.* 3) qu'il faut y faire plonger, en retournant ce rectangle et en plaçant les pointes *L*, *L*, *L*, *L* dans les points de repère L', L', L', L' (*fig.* 1).

Les conducteurs mobiles (*fig.* 13, 14 et 15) qui doivent alternativement être placés dans la coupe *S* diffèrent en ce que le premier a deux branches verticales, dont l'une *c d* est interrompue par une petite lame de bois *g d*, et dont l'autre *a b* fait communiquer

la couronne $aedf$ avec la pointe s. Le second est privé de branches ascendantes, et la couronne $aedf$ ne communique avec la suspension que par le fil horizontal ae, une petite tige de bois verni gd interceptant la communication avec l'autre côté. Le troisième conducteur (*fig.* 15), disposé comme le précédent, en diffère en ce que la couronne est interrompue en a par une pièce d'ivoire t qui rompt la continuité des communications métalliques ; il est même nécessaire, pour complétter la démonstration à laquelle sert cette dernière pièce, d'avoir un quatrième conducteur dans lequel la pièce d'ivoire, au lieu d'être placée entre a et f, soit située de l'autre côté, c'est-à-dire, entre a et e.

Ces dispositions particulières à chacun des conducteurs mobiles que nous venons de décrire déterminent la direction du mouvement de rotation qui se produit dans chaque cas, soit par l'action d'un conducteur rectiligne ou circulaire, soit par celle de la terre ou des courans qui traversent l'eau acidulée du vase (*fig.* 11).

En faisant agir sur les deux appareils (*fig.* 13 et 14) le courant spiral de la figure 12, ils tournent tous deux d'un mouvement de rotation continue, dont la vitesse, d'abord accélérée, devient ensuite constante ; lorsqu'on soumet les deux conducteurs à l'action du courant du rectangle (*fig.* 3), l'appareil (*fig.* 14) tourne encore d'un mouvement de rotation continue, dont la vitesse ne devient jamais uniforme, mais éprouve des variations alternatives, suivant que le rayon as se trouve, à chaque révolution, tantôt plus près, tantôt plus loin du rectangle. Quant à l'appareil de la figure 13, il ne tend plus

alors à tourner que par l'action de la terre, et celle du rectangle redoublé tend à l'amener dans une situation fixe, où le plan *abcd* (*fig.* 13) est toujours parallèle au plan de ce rectangle, de manière que la branche *ab* soit du côté d'où vient le courant établi dans *MN* lorsque celui de *ab* est descendant, et du côté opposé quand ce dernier est ascendant. Dans l'appareil (*fig.* 15), l'effet produit est dû à l'action qu'exercent sur le courant de la couronne *fea* les courans qui s'établissent dans l'eau acidulée que contient le vase (*fig.* 11). Enfin, en soumettant à la seule action de la terre l'appareil (*fig.* 14), on le voit tourner avec une vitesse constante; mais il n'en est pas de même de l'appareil (*fig.* 13), parce que, outre l'action que la terre exerce sur la branche *bs* pour la faire tourner uniformément, elle agit aussi sur la branche verticale *ab* pour l'amener dans une position fixe, à l'est quand ce courant est descendant, et à l'ouest quand il est ascendant.

Il est essentiel de remarquer que lorsqu'on veut laisser agir la terre ou les courans de l'eau acidulée, il faut faire communiquer les rigoles *A*, *B* (*fig.* 1) par le conducteur *Q* garni de deux appendices *e*, *f*, et mobile autour d'une charnière *q* attachée sur la table; alors le courant parcourt les conducteurs mobiles, soit en passant par les deux colonnes *ET* ou *FU*, soit en se rendant dans la coupe *S*, suivant que les conducteurs mobiles sont suspendus dans les coupes x, y, x', y' ou dans la coupe *S*.

Pour constater qu'un courant circulaire n'a aucune action sur un conducteur de forme quelconque mobile autour d'un axe passant par le centre perpendiculaire au plan de ce courant, quand les deux extrémités du con-

ducteur mobile se trouvent dans cet axe, on se sert du conducteur spiral (*fig.* 12), dont les courans sont sensiblement circulaires; on place le trépied qui le supporte comme dans les expériences sur le mouvement de rotation continue, après en avoir ôté le vase de cuivre (*fig.* 11); le centre de ces courans se trouvant alors dans la verticale qui passe par ces deux coupes x', y', si l'on suspend dans ces coupes l'un des conducteurs mobiles (*fig.* 4, 5, 6), on remarque qu'il n'y a point d'action exercée par le conducteur spiral quand cette condition est exactement remplie; mais quoique l'on y parvienne difficilement, l'expérience n'en est pas moins concluante, parce qu'il ne se produit jamais de mouvement de rotation toujours dans le même sens, mais seulement une tendance du conducteur mobile à prendre une position fixe, qui varie considérablement par le moindre déplacement des coupes x' et y', de manière à montrer que l'action serait en effet nulle si les centres de ces coupes se trouvaient exactement dans la verticale menée par celui du conducteur spiral.

Le cercle (*fig.* 16) se place dans les coupes x, y ou x', y', et comme il doit être soumis à l'action de la terre, le conducteur recourbé Q (*fig.* 1) met alors en communication les rigoles A et B, en sorte que le courant ne peut s'établir que dans le conducteur mobile, dont la position, toujours perpendiculaire au méridien magnétique, est telle que la partie dans laquelle le courant est ascendant se dirige vers l'ouest, et celle où il est descendant vers l'est. Aussi peut-on, en changeant la direction du courant établi, lui faire faire une demi-révolution.

Les mouvemens du cercle (*fig.* 16) sont, dans certaines

positions, gênés par le mode de suspension que nous venons d'indiquer; mais on peut remédier à cet inconvénient en le remplaçant par le conducteur mobile (*fig.* 17). L'anneau *a b* livre passage à la tige de métal qui supporte la coupe *S* dans laquelle plonge la pointe sur laquelle doit tourner ce conducteur. La petite coupe *d* qui est opposée à la pointe *S* contient du mercure où plonge un fil de cuivre *d c* qu'on attache, à l'aide de la pince *b*, au support *Y i y'* de la coupe *y'* (*fig.* 1) qui communique avec la colonne *F U*, et dans laquelle on fait plonger l'extrémité *c* (*fig.* 17) de ce fil afin de compléter le circuit. On conçoit que le cercle, ainsi suspendu, peut librement tourner dans tous les sens, et en inclinant à propos la bascule *k*, il sera même facile de lui imprimer un mouvement de rotation continue.

Le conducteur (*fig.* 18), sur lequel la terre doit aussi exercer son action, se suspend de la même façon que le cercle (*fig.* 17), et, ainsi que lui, exige que la communication *Q* soit établie entre *A* et *B*. L'action de la terre sur les deux branches *a b* et *c d* étant égale et de signe contraire, l'on observe uniquement l'effet produit sur la branche *b c*, qui se porte à l'ouest ou à l'est, suivant que le courant y est ascendant ou descendant.

On observe encore l'action de la terre sur la branche horizontale *a b* du conducteur (*fig.* 8), parce que dans les deux branches verticales les courans sont opposés entre eux; mais il est essentiel d'observer que l'action ne se manifeste qu'à l'instant où l'on complète le circuit, et qu'il faut avoir soin de mettre ce conducteur dans un plan sensiblement vertical au moyen du contre-poids *i*. Dans cette expérience la branche *a b* est tou-

jours portée à gauche du courant avec la même force dans quelque azimuth qu'on ait placé l'appareil, résultat conforme à ce que donne le calcul.

Les figures 19 et 20 représentent des cylindres électro-dynamiques avec lesquels on peut imiter les aimans : le premier se fixe à la table (*fig.* 1), au moyen de la pince *b*, où l'on place la pièce d'ivoire *b* (*fig.* 19) de manière que les deux appendices *G*, *H* plongent dans les cavités de même nom de la figure 1 ; et le second (*fig.* 20) est suspendu dans les coupes x, y ou x', y' : le courant s'établit donc dans celui de la figure 19 comme il le ferait dans un autre conducteur fixe, et dans celui de la figure 20 comme il s'établirait dans un autre conducteur mobile : or, en présentant l'une des extrémités du premier à l'une des extrémités du second, il y a attraction quand les extrémités en regard sont l'une à droite et l'autre à gauche des courans que parcourent les fils dont ces cylindres sont formés, et il y a au contraire répulsion lorsque les deux extrémités des mêmes cylindres que l'on fait agir l'une sur l'autre sont situées du même côté de leurs courans respectifs, le tout conformément aux résultats des calculs fondés sur ma formule, comme on peut le voir, soit dans mon Précis de la Théorie des phénomènes électro-dynamiques, soit dans le Mémoire de M. Savary sur l'Application du calcul aux mêmes phénomènes. En observant l'action de la terre sur le cylindre (*fig.* 20), on voit que l'extrémité qui est à gauche de ses courans se dirige constamment au nord, parce que c'est dans cette situation du cylindre électro-dynamique que les courans ascendans de ce cy-

indre sont du côté de l'ouest, et les courans descendans du côté de l'est.

Lorsqu'on remplace, dans cette expérience, le cylindre (*fig.* 19) par un barreau aimanté, on voit le cylindre (*fig.* 20) se conduire à l'égard de l'aimant précisément comme il le faisait à l'égard du premier cylindre, c'est-à-dire, précisément comme le ferait aussi une aiguille sur laquelle agirait un barreau aimanté.

Si l'on remplace au contraire le cylindre (*fig.* 20) par une aiguille aimantée, on verra que le cylindre (*fig.* 19) agira sur cette aiguille précisément comme il agissait sur le cylindre qu'elle remplace.

Enfin, cette hélice ou cylindre électro-dynamique se conduit à l'égard d'un fil conducteur précisément comme M. OErsted a découvert que le faisait un aimant : pour s'en assurer, il faut placer le conducteur rectangulaire redoublé (*fig.* 3) comme dans la première expérience destinée à constater son action sur un conducteur rectiligne, et suspendre immédiatement au-dessus du milieu de la portion MN de ce conducteur l'hélice (*fig.* 20) en mettant ces pointes x, y dans les coupes y', x' (*fig.* 1) : quelque direction qu'ait l'hélice on la verra, à l'instant où l'on établira les communications avec la pile, prendre une direction perpendiculaire à celle de la portion de courant MN (*fig.* 3), de manière que l'extrémité de l'hélice qui est à gauche de ses courans se porte du même côté de MN que le ferait le pôle austral d'un aimant dans l'expérience de M. OErsted.

Il est important, dans toutes les expériences que nous venons de décrire, d'avoir soin d'interrompre le courant électrique dans les conducteurs mobiles en donnant à la

bascule k une situation horizontale, toutes les fois qu'on veut plonger les pointes de ces conducteurs dans les coupes x, y, x', y', S, ou les en retirer : sans cette précaution, ces pointes pourraient être brûlées ou fondues par les étincelles qui éclateraient entre elles et le mercure des coupes, à l'instant où les pointes seraient prêtes à entrer dans le mercure ou à s'en séparer. Il est aussi nécessaire, avant d'employer cet instrument aux expériences auxquelles il est destiné, de s'assurer que le courant passe effectivement et par le conducteur fixe et par le conducteur mobile : on emploie pour cela une petite pile ou même un simple couple voltaïque, quand on en a d'une grandeur suffisante pour cette recherche préliminaire ; on dispose un conducteur fixe et un conducteur mobile comme si l'on voulait faire une quelconque des expériences que nous venons de décrire ; on s'assura d'abord que toutes les communications qui doivent avoir lieu existent en effet en voyant si l'aiguille aimantée du galvanomètre tuv (*fig.* 1) est déviée à l'instant où l'on plonge les rhéophores R, r dans les rigoles A, a ; on enlève ensuite tantôt le conducteur fixe seulement, tantôt le conducteur mobile, après avoir remis dans ses points de repère le conducteur fixe. Il faut, pour que l'instrument puisse servir, que chaque fois qu'on enlève un de ces conducteurs, le courant soit interrompu, et que l'aiguille aimantée du galvanomètre revienne à la situation que tend à lui donner l'action de la terre.

Comme il y a deux systèmes de conducteurs mobiles, il faut faire cet essai, d'abord avec un de ceux qui se suspendent dans deux des quatre coupes x, y, x', y', ensuite avec un de ceux qui portent, d'une part, une

pointe destinée à reposer sur le fond de la coupe *S*, et de l'autre, une couronne qui plonge dans l'eau acidulée contenue dans le vase en cuivre de la figure 11.

On a supposé, dans ce qui précède, que le lecteur connaît l'ensemble des phénomènes que l'appareil qui vient d'être décrit est destiné à réaliser : ceux qui ne seraient pas familiarisés avec cette nouvelle branche de la physique trouveront tous les renseignemens qu'ils pourront désirer sur les faits dont elle se compose, dans le *Manuel de l'Électricité dynamique* de M. Demonferrand, à Paris, chez Bachelier, libraire, quai des Augustins, n° 55.

Note sur le passage de la Description précédente relatif au caractère qui distingue les mouvemens produits par l'action de la terre de ceux qui le sont par l'action mutuelle des diverses parties de l'appareil.

(A) Pour mettre cette distinction dans tout son jour, on place le trépied (*fig.* 12) comme nous l'avons expliqué, mais en relevant les extrémités *G*, *H* du conducteur spiral de manière qu'elles ne plongent pas dans les cavités de la table (*fig.* 1) qui sont désignées par les mêmes lettres. La communication entre les rigoles *A*, *B* étant établie par le conducteur *Q*, dont les appendices *e*, *f* plongent alors dans ces rigoles, on suspend alternativement les deux conducteurs mobiles (*fig.* 14 et 15) dans la coupe *S* de manière que les couronnes de ces conducteurs soient plongées dans l'eau acidulée du vase (*fig.* 11), et on constate par l'expérience que le sens de la rotation du conducteur mobile (*fig.* 14) produite par l'action de la terre, change avec le sens du courant, soit par l'inversion des rhéophores,

soit par celle de la bascule *k* (*fig.* 1), tandis que la rotation du conducteur mobile (*fig.* 15) a toujours lieu dans le même sens, quel que soit celui du courant, parce qu'elle résulte de l'action mutuelle des courans de la couronne *a e d f* et de ceux de l'eau acidulée. On renverse alors le conducteur *Q* (*fig.* 1) pour interrompre la communication qu'il établissait entre les rigoles *A* et *B*, et l'on fait plonger, dans les cavités *G*, *H*, les extrémités du conducteur spiral (*fig.* 12): aussitôt l'action de ce dernier conducteur sur le rayon *a c* (*fig.* 14 et 15) des conducteurs mobiles imprime à ces conducteurs un mouvement de rotation beaucoup plus rapide et qui change de sens par l'inversion de l'une des deux bascules *K* ou *k* (*fig.* 1), mais qui n'en change point lorsqu'on renverse l'ordre de communication des rhéophores en faisant plonger celui de la rigole *A* dans la rigole *a*, et celui de cette dernière dans la première, parce qu'alors la direction du courant se trouve changée à la fois dans les deux parties du circuit voltaïque qui agissent l'une sur l'autre, savoir : le rayon *a c* (*fig.* 14 et 15) et le conducteur spiral (*fig.* 12).

Nouvelles Recherches *sur l'Acide sulfurique de Saxe* (1).

Par M. Bussy.

L'Acide connu sous le nom d'*huile de vitriol de Saxe* est l'acide tel qu'on l'obtenait dans l'origine par la distillation du sulfate de fer. Ce procédé fut même le seul employé pendant long-temps pour se procurer l'acide

---

(1) Ce Mémoire a été couronné par la Société de Pharmacie.

sulfurique; mais dès qu'on eut appris à préparer cet acide par la combustion du soufre dans des chambres de plomb, la supériorité du nouveau procédé sur l'ancien fut telle que l'on perdit peu à peu le souvenir de ce dernier, et qu'il n'est plus pratiqué maintenant que dans quelques pays où la nature des localités permet de l'employer avantageusement. Cependant cet acide jouissant de quelques propriétés particulières, précieuses pour certains arts, il devenait utile de rechercher les moyens de pouvoir le préparer et d'étudier de nouveau ses propriétés.

Ce sont ces motifs qui ont engagé la Société de Pharmacie à proposer les diverses questions que j'ai cherché à résoudre dans ce Mémoire. Si je ne les ai pas toutes traitées dans l'ordre où la Société les a proposées, c'est que j'ai voulu les présenter de la manière la plus propre à faire ressortir les conséquences que j'ai tirées de mes expériences.

La première question qui se présente est celle-ci : *Quelle est la véritable nature de l'acide sulfurique de Nordhausen ?*

Cet acide, tel qu'il existe dans le commerce, est coloré en brun, d'une densité variable, mais peu différente de celle de l'acide sulfurique ordinaire, ayant une odeur d'acide sulfureux très-prononcée, et répandant à l'air des vapeurs blanches très-suffocantes.

Si on l'expose à l'action de la chaleur, il entre en ébullition à la température de 40 à 50°. Peu à peu une partie s'évapore sous forme de vapeurs très-épaisses, et, au bout de quelques instans d'un feu soutenu, le liquide cesse de bouillir, à moins qu'on n'élève considérable-

ment la température : il a alors perdu sa couleur brune, et, dans cet état, il est en tout semblable à l'acide sulfurique ordinaire.

Or, puisque, par la simple action de la chaleur, on convertit cet acide en acide sulfurique ordinaire, il est naturel de supposer qu'il doit ses propriétés particulières à la substance qu'on en sépare par une chaleur modérée. Nous verrons tout-à-l'heure que cette supposition est parfaitement fondée; mais auparavant cherchons à étudier cette substance elle-même.

Pour l'obtenir isolée, j'ai introduit dans une cornue de verre tubulée et bouchée à l'émeri une certaine quantité d'acide sulfurique de Nordhausen. Le bec de la cornue avait été premièrement tiré très-longuement à la lampe et effilé par le bout; je l'avais ensuite engagé dans un tube long et étroit, bouché à l'une de ses extrémités et servant de récipient. Cette disposition d'appareil est nécessaire, parce que, d'une part, l'on ne peut employer de bouchons ni aucune espèce de lut pour fermer les vases, et qu'ensuite il est nécessaire de garantir autant que possible le produit du contact de l'air atmosphérique.

Le tout étant ainsi disposé, j'entourai le tube de glace à zéro, et je commençai à chauffer, d'abord légèrement, en élevant graduellement la température. Le liquide entra bientôt en ébullition; le récipient se remplit d'abord d'une vapeur blanche, qui ne tarda pas à se condenser en une masse solide. Lorsque j'en eus recueilli une suffisante quantité, j'enlevai le récipient, et je reconnus à la matière qu'il renfermait les propriétés suivantes :

Elle est opaque, blanche, solide, difficile à couper,

se répandant en vapeurs à la température ordinaire; abandonnée au contact de l'air, elle en attire l'humidité et se résout peu à peu en un liquide dense, semblable à l'acide sulfurique; mise en contact avec les substances végétales, telles que le papier, le bois, elle les charbonne sur-le-champ; enfin, lorsqu'on la projette par parties dans l'eau, elle fait entendre un sifflement très-fort, l'eau devient acide et présente tous les caractères de l'acide sulfurique ordinaire étendu d'eau.

Ces propriétés paraissant indiquer que la matière examinée était de l'acide sulfurique concret, je cherchai à vérifier cette conjecture; je recherchai premièrement s'il ne se dégageait point de gaz lorsqu'on la mêlait avec l'eau. Je pris, dans ce dessein, un tube étroit bouché à l'un de ses bouts, et contenant une petite quantité de cet acide concret qui y était adhérente; j'achevai de le remplir avec du mercure, et lorsqu'il fut plein, je le renversai sur la cuve à mercure; alors, au moyen d'une petite pipette recourbée, j'y fis passer de très-petites quantités d'eau à plusieurs reprises. Il y eut chaque fois dégagement de chaleur, production de vapeur; mais il ne parut pas se développer de gaz.

Pour m'assurer ensuite que ce n'était point l'influence de l'eau qui déterminait la formation de l'acide sulfurique, je le combinai directement avec les bases sans l'intermède de ce liquide. Pour cela, je le reçus d'abord dans un tube semblable à celui de l'expérience précédente, après quoi j'effilai ce tube à la lampe assez près de l'endroit où se trouvait la matière, de manière à en faire une espèce de petite cornue dont le bec aurait été très-fin et très-allongé; puis, au moyen d'un bouchon,

j'adaptai ce tube à un second tube de verre de 5 décimètres de longueur, contenant des fragmens de baryte caustique ; celui-ci était disposé horizontalement sur une grille ; son extrémité était recourbée à angle droit et plongeait dans le mercure. Je commençai à chauffer légèrement le tube qui contenait la baryte ; puis, au moyen d'une douce chaleur, j'y fis passer l'acide en vapeur : il s'y produisit une incandescence des plus vives, qui se communiqua successivement à toute la masse ; mais il n'y eut aucun dégagement de gaz : au contraire, le mercure tendait continuellement à remonter.

Lorsque l'expérience fut terminée, la matière fut retirée du tube. On la traita par l'acide hydrochlorique après l'avoir préalablement réduite en poudre ; il ne se dégagea ni gaz sulfureux ni hydrogène sulfuré. L'acide hydrochlorique s'empara de l'excès de baryte et laissa une poudre blanche insoluble dans les acides, présentant tous les caractères du sulfate de baryte ; donc la substance employée était bien réellement de l'acide sulfurique. De plus, comme pendant sa réaction il ne s'est dégagé aucun gaz, de même que par l'acide hydrochlorique, on ne peut pas y supposer d'autres substances ; car si cet acide concret eût contenu de l'acide sulfureux, qui est la substance que l'on pourrait y supposer avec le plus de vraisemblance, ou cet acide se serait combiné avec la baryte de manière à donner un sulfite, et, dans ce cas, en traitant la masse restante par l'acide hydrochlorique, il y aurait eu dégagement de gaz sulfureux, ou bien, ce qui est plus probable, le sulfite se serait décomposé par la chaleur produite pendant l'opération, et alors il se serait converti en sulfate et en sulfure de

baryte (puisque cette base était en excès); mais alors aussi, en traitant par l'acide hydrochlorique, il y aurait un dégagement d'hydrogène sulfuré, et c'est ce qui n'a pas eu lieu.

Tout ce qu'on peut donc supposer dans cet acide concret serait peut-être une certaine proportion d'eau. Mais la même expérience va nous mettre à même de décider cette question; en effet, il suffit pour cela de peser très-exactement la quantité d'acide employé et la quantité de sulfate produite : or, pour connaître le poids de l'acide employé, il faut peser, avant et après l'expérience, le tube qui le renferme, et prendre la différence des poids (1).

Pour avoir ensuite le poids du sulfate de baryte, il faut détacher avec précaution la matière, la réduire en poudre très-fine et la délayer dans l'eau distillée. Il faut également laver le tube et le bouchon qui ont servi à l'expérience, réunir tous ces liquides, recueillir la portion qui se précipite, la faire bouillir avec de l'acide hydrochlorique à plusieurs reprises, afin de dissoudre tout ce qui n'est pas sulfate de baryte, faire convenablement sécher et peser. Toute l'attention qu'il faut avoir pour faire réussir cette expérience consiste à modérer, autant que possible, le courant de gaz que l'on fait passer sur la baryte, parce qu'une trop grande chaleur fondrait le verre, et, dans ce cas, il devient très-difficile de

---

(1) Pour que l'on puisse compter sur les résultats de ces expériences, il faut boucher au chalumeau l'extrémité du tube qui contient l'acide concret, afin qu'il n'attire pas l'humidité de l'air pendant le temps des pesées.

le séparer complètement du sulfate auquel il est extrêmement adhérent. Voici le résultat de trois expériences :

		gr.
1re Expérience....	Acide employé...	2,5
	Sulfate obtenu....	7,247
2me Expérience...	Acide employé...	1,73
	Sulfate obtenu ...	4,993
3me Expérience....	Acide employé...	2,15
	Sulfate obtenu....	6,177.

Dans chacune de ces expériences, l'on trouve une quantité de sulfate de baryte un peu moindre que celle que donnerait le calcul, en supposant que l'acide employé fût à l'état anhydre. Si l'on prend le terme moyen de ces trois expériences, l'on aura pour un gramme :

	gr.
Acide employé	1,0
Sulfate de baryte obtenu...	2,886.

Or, comme 100 de sulfate de baryte sont formés de 34,37 d'acide et de 65,63 de base (Berzelius), il s'ensuit que 2,886 de sulfate de baryte contiennent 0,992 d'acide sec : donc 1 gramme de l'acide que nous avons employé serait composé de 0g,992 d'acide réel et de 0g,008 d'eau, c'est-à-dire que l'acide concret obtenu avec toutes les précautions que nous avons indiquées serait de l'acide sulfurique absolu, contenant 8 millièmes de son poids d'eau ; mais comme, d'une part, cette fraction n'est pas hors de la limite des erreurs possibles dans ce genre d'analyse, et que d'ailleurs toutes les sources d'erreurs que l'on pourrait supposer dans notre expérience, telles que la déperdition d'un peu de sulfate ou

d'acide, sont dans le sens de cette très-petite quantité d'eau que nous avons trouvée ; si l'on considère également qu'il est impossible que l'acide n'absorbe pas un peu d'humidité à l'air, à l'influence duquel on ne peut le soustraire entièrement, on demeure convaincu que cette matière n'est autre chose que de l'acide sulfurique anhydre. Enfin, si l'on pouvait supposer que l'eau est essentielle à l'acide sulfurique concret, il faudrait admettre qu'elle y existe en proportion déterminée : or, si l'on exprime en atomes les résultats de notre expérience, l'on obtient des nombres qui ont entre eux un rapport tellement éloigné qu'ils excluent toute supposition probable à cet égard.

Il paraît donc prouvé par ce qui précède que la matière que l'on extrait par la chaleur de l'acide sulfurique de Nordhausen n'est autre chose que de l'acide sulfurique anhydre : obtenu par les moyens indiqués, il offre les caractères suivans :

Il peut être à l'état liquide ou solide, suivant la température ; lorsqu'il est liquide, il jouit d'une fluidité plus grande que celle de l'acide sulfurique ordinaire ; il réfracte fortement la lumière ; sa pesanteur spécifique est de 1,97 à 20° environ. Pour le maintenir liquide, il faut le conserver à une température de 25° ; lorsque la température s'abaisse, l'on aperçoit des houppes soyeuses qui se forment dans la liqueur, qui ne tarde pas à se solidifier complètement : une fois dans cet état, il devient difficile de le fondre de nouveau, parce que les portions qui reçoivent les premières l'impression de la chaleur se volatilisent et soulèvent la masse solide, quelquefois même la projettent au dehors du vase, ce qui

n'est pas sans quelques dangers pour l'opérateur : cependant on parvient à le liquéfier à la faveur d'une faible pression.

A l'état solide, l'acide sulfurique anhydre est blanc, opaque, répand des vapeurs très-abondantes par son contact avec l'air, ne tarde pas à en absorber l'humidité et à se liquéfier ; il est susceptible de dissoudre le soufre et de former des composés bruns, verts ou bleus, suivant les quantités relatives de soufre et d'acide, ainsi que l'avait déjà observé M. Vogel. Ces différens composés, mis en contact avec de l'air humide ou mêlés peu à peu avec de l'eau, laissent déposer du soufre, et l'acide passe à l'état d'acide sulfurique ordinaire. L'iode est également dissous par l'acide sulfurique anhydre et offre une dissolution d'un bleu verdâtre.

L'on doit donc considérer l'acide sulfurique de Nordhausen comme de l'acide sulfurique ordinaire tenant en dissolution une certaine quantité d'acide anhydre à laquelle il doit ses propriétés particulières. L'odeur sulfureuse et la couleur brune qu'il affecte ordinairement ne lui sont point essentielles comme nous le verrons plus tard : la première lui vient d'une petite quantité d'acide sulfureux qu'il tient en dissolution et qui provient du procédé même que l'on suit pour le préparer, mais qui n'influe pas sur ses propriétés ; la deuxième est tout-à-fait accidentelle, et résulte des substances végétales ou animales que l'acide décompose et dissout en partie.

L'acide qui nous occupe avait été déjà le sujet des recherches de plusieurs chimistes : sans remonter aux

expériences de Christian Bernhard et de Meyer, je rappellerai que Fourcroy, dans un Mémoire inséré parmi ceux de l'Académie pour 1785, y considère cet acide glacial comme de l'acide sulfurique chargé d'acide sulfureux, et dit avoir obtenu de l'acide fumant en saturant l'acide ordinaire par l'acide sulfureux. Cette opinion d'un chimiste si justement célèbre est sans doute ce qui a empêché de reconnaître plus tôt la vraie nature de l'acide de Nordhausen. En 1812, M. Vogel de Bayreuth combattit victorieusement cette opinion dans un Mémoire rempli de faits intéressans, que la Société a recommandé avec juste raison à l'attention des concurrens, et il conclut que l'acide sulfurique fumant *est de l'acide sulfurique ordinaire qui, par un agent impondérable, est transformé à un état d'acidité plus élevé*; mais en lisant avec soin ce Mémoire, l'on n'y trouve aucune expérience qui nécessite l'admission de cette hypothèse; toutes au contraire s'expliquent fort bien par la supposition que l'acide concret est de l'acide sulfurique anhydre. L'on trouve également dans la *Chimie* de Lemery plusieurs détails très-intéressans sur la distillation des sulfates de fer et sur l'huile de vitriol congelée que l'on peut en retirer.

Recherchons maintenant les moyens de produire cet acide fumant de Nordhausen. Tout ce que l'on sait de positif sur sa préparation, c'est qu'il s'obtient de la décomposition du sulfate de fer par la chaleur. Examinons donc les différens produits qui résultent de cette décomposition.

Action de la chaleur sur le sulfate de fer et les autres sulfates décomposables par le calorique.

Lorsqu'on soumet à l'action de la chaleur du proto-sulfate de fer cristallisé, il commence à perdre son eau de cristallisation, qui s'élève environ à 45 pour cent du poids du sel, et l'on a une masse blanche qui n'est autre chose que le proto-sulfate anhydre composé de 28.9 d'acide sulfurique et 25,7 de protoxide de fer. Si l'on continue l'action de la chaleur en vase clos, l'on dégage d'abord de l'acide sulfureux, puis il se manifeste des vapeurs blanches très-épaisses et très-suffocantes; lorsqu'on cherche à recevoir ces vapeurs sur le mercure, l'on aperçoit bientôt qu'elles l'attaquent. Pour obvier à cet inconvénient, il est nécessaire de laver le gaz avant de le recueillir.

L'appareil que j'ai employé consiste en une cornue de verre lutée dont le bec allongé à la lampe se rend dans une éprouvette, contenant de l'eau distillée à la température de 50°. De cette éprouvette part un tube recourbé qui se rend sur la cuve à mercure.

En élevant successivement la température de la cornue de manière à la porter au rouge, l'on observe que, dans le commencement de l'opération, il ne se dégage que du gaz sulfureux; un peu plus tard il passe mêlé avec une certaine quantité de gaz oxigène, qui va toujours croissant jusqu'à la fin de l'opération. Alors, si l'on analyse par la potasse le gaz recueilli, l'on voit qu'il est formé de deux parties d'acide sulfureux sur une d'oxigène. De plus, l'eau de lavage contient une certaine quantité d'acide sulfurique, et lorsqu'on démonte l'ap-

pareil, l'on ne retrouve dans la cornue que du tritoxide de fer retenant quelquefois encore un peu d'acide sulfurique.

Si nous cherchons à expliquer maintenant les résultats de cette expérience, nous admettrons que, dans le commencement de l'opération, une portion de l'acide sulfurique a été décomposée en partie par l'influence du protoxide de fer ; qu'il s'est transformé en acide sulfureux et en oxigène, qui a porté le fer au *maximum* d'oxidation. Une fois arrivé à ce point, une portion de l'acide sulfurique s'est volatilisée sans décomposition et s'est dissoute dans l'eau, tandis que l'autre s'est décomposée par la chaleur et a donné deux volumes d'acide sulfureux sur un volume d'oxigène.

D'après cela, l'on est porté à penser que si l'oxide de fer du sulfate que l'on emploie était entièrement au *maximum*, il y aurait une moins grande quantité d'acide décomposée, et cela a lieu effectivement ; mais comme la présence du protoxide de fer n'est pas la seule cause qui détermine la décomposition de l'acide, il y en a toujours une portion décomposée par la forte chaleur que l'on est obligé de faire subir au sulfate, et peut-être cette transformation d'une portion de l'acide en gaz sulfureux et oxigène est-elle la cause qui favorise la séparation de la portion non décomposée.

Quoi qu'il en soit, lorsque l'on répète l'expérience sur du sulfate de fer au *maximum*, l'on obtient dès le commencement de l'acide sulfureux et du gaz oxigène dans les proportions de deux du premier sur un du second, et en même temps se manifestent les vapeurs blan-

ches dont la dissolution dans l'eau constitue l'acide sulfurique.

Il reste à rechercher maintenant si cet acide sulfurique que l'on obtient se dégage tel du sulfate, ou s'il se forme au moment de son contact avec l'eau.

Pour cela, je me suis servi encore du même appareil; mais je remplaçai l'éprouvette par un petit matras bien sec, plongé dans un mélange de glace et de sel. A sa tubulure était adapté un tube recourbé pour donner issue aux gaz qui n'auraient pas pu se condenser. J'ai chauffé ensuite comme précédemment : il s'est dégagé encore du gaz oxigène pendant tout le courant de l'opération; mais il ne s'est pas dégagé sensiblement d'acide sulfureux et très-peu de vapeurs blanches.

L'opération terminée, j'ai démonté l'appareil et trouvé dans le matras un liquide incolore, transparent, d'une pesanteur spécifique de 1,85, répandant des vapeurs blanches excessivement abondantes; exposé à l'air, une portion se vaporise et le reste cristallise; ses cristaux, d'abord opaques, deviennent ensuite transparens, et finissent par se résoudre en un liquide qui n'est autre que de l'acide sulfurique; abandonné dans un vase ouvert, mais où l'air ne peut pas se renouveler trop facilement, il s'y sublime et présente une cristallisation semblable à celle de l'acide benzoïque. Si on le met en contact avec l'eau, il se produit de très-vives explosions avec dégagement d'acide sulfureux, et la liqueur contient de l'acide sulfurique; lorsqu'on y ajoute de l'acide sulfurique concentré, il y a aussi un grand dégagement de gaz acide sulfureux; lorsqu'on ajoute cet acide en petite quantité et avec précaution, l'on obtient des cristaux transpa-

rens; enfin, en faisant passer cet acide à l'état de vapeur sur de la baryte caustique préalablement chauffée, elle est convertie en sulfate et en sulfure, comme il est facile de s'en assurer.

Toutes ces propriétés m'ont fait supposer que cette substance pouvait être de l'acide hyposulfurique qui se convertissait en acide sulfurique et en acide sulfureux par son contact avec l'eau ou avec les bases salifiables; mais je me suis aperçu bientôt que ce n'est qu'un simple mélange de ces deux acides : en effet, lorsqu'on l'introduit dans une cornue et qu'on cherche à le distiller en recevant le produit dans un mélange réfrigérant, l'on aperçoit le liquide entrer en ébullition à la température de 3 à 4° au-dessus de zéro; mais bientôt une plus forte chaleur devient nécessaire. Si l'on fractionne les produits, l'on voit que ce qui passe en premier lieu, à une très-basse température, n'est que de l'acide sulfureux liquide, ne répandant presque pas de vapeurs *blanches*, qui se réduit complètement en gaz sans résidu à la température ordinaire, portant avec lui l'odeur qui caractérise essentiellement l'acide sulfureux; en un mot ce liquide présente toutes les propriétés de l'acide *sulfureux*. Si l'on cesse la distillation après que cette première portion est passée, la portion qui reste dans la cornue cristallise en petites aiguilles déliées, et se présente avec tous les caractères de l'acide sulfurique anhydre. L'on doit donc considérer ce liquide comme un simple mélange d'acide sulfureux et d'acide sulfurique anhydre, et l'on conçoit très-bien, d'après cela, les phénomènes qui ont lieu lorsqu'on le met en contact avec l'eau ou avec la baryte caustique.

Pour mettre cette conclusion hors de doute, il était nécessaire de voir si l'acide sulfureux seul était susceptible de se condenser par le refroidissement, et c'est dans cette intention que j'ai entrepris sur l'acide sulfureux les recherches dont j'ai déjà eu l'honneur d'entretenir la Société.

En traitant de la même manière l'alun, les sulfates de cuivre, de zinc, d'antimoine, et généralement tous les sulfates décomposables par la chaleur, l'on obtient un produit semblable à celui qui résulte de la distillation du sulfate de fer : ainsi l'acide sulfurique est un des produits constans de la distillation en vases clos des sulfates décomposables par la chaleur. Lorsque les sulfates que l'on emploie ne sont pas parfaitement desséchés, les produits changent un peu, l'on obtient beaucoup moins de liquide; mais l'on obtient alors des cristaux transparens qui se condensent dans le col du matras, et qui ne sont que de l'acide sulfurique uni à une petite quantité d'eau; au reste, il est toujours facile de se procurer un produit exempt d'eau. Pour cela, il faut toujours perdre les premières gouttes de liquide qui passent et qui ne sont que de l'eau, quelques soins que l'on prenne pour dessécher le sulfate, et n'adapter le récipient que lorsqu'on voit passer en grande abondance des vapeurs blanches suffocantes, qui sont le caractère de l'acide sulfurique.

Parmi toutes les propriétés de cette liqueur fumante que l'on retire des sulfates, il en est une bien remarquable : je veux parler de la propriété dont elle jouit de dissoudre l'indigo : cette dissolution s'opère instantanément et à froid avec beaucoup de facilité; mais, au

lieu d'être bleue comme la dissolution d'indigo dans l'acide sulfurique, elle est d'un rouge pourpre magnifique et semblable absolument à la couleur de la vapeur d'indigo. Craignant que cette couleur ne fût due à quelques matières étrangères à l'indigo, j'en purifiai une portion par sublimation, et le même phénomène se reproduisit constamment.

Cette propriété de dissoudre l'indigo en rouge est inhérente à l'acide sulfurique anhydre, et l'acide sulfureux n'y contribue en aucune manière; car, d'une part, elle s'opère très-bien dans l'acide sulfurique anhydre et donne absolument la même teinte, et de l'autre l'acide sulfureux anhydre ne dissout aucune portion d'indigo, même après plusieurs jours de contact.

Lorsque cette dissolution pourpre d'indigo est exposée à l'air, l'acide en attire l'humidité, se convertit en acide ordinaire, et la dissolution devient bleue : il en est de même lorsqu'au lieu d'ajouter de l'eau, l'on y ajoute de l'acide sulfurique ordinaire : cependant la liqueur conserve toujours une nuance très-sensible de rouge, surtout lorsqu'on la regarde par réfraction.

D'après ces premières expériences, que j'ai l'intention de poursuivre et dont j'ai été détourné par d'autres recherches, je considère que dans la dissolution pourpre l'indigo y est dans un beaucoup plus grand état de division que dans la dissolution bleue, et qu'il y paraît avec cette couleur particulière, qui est sa couleur propre, par la même raison que l'indigo, qui, vu en masse, est bleu, devient rouge lorsqu'on en sépare les molécules par la chaleur en le sublimant.

De la Manière d'obtenir l'acide sulfurique fumant de Saxe.

Nous avons vu, par ce qui vient d'être exposé plus haut, que l'acide sulfurique de Nordhausen diffère de l'acide ordinaire en ce qu'il contient une proportion plus considérable d'acide réel; nous avons vu aussi que l'on pouvait obtenir de l'acide anhydre par la distillation du sulfate de fer desséché; par conséquent on doit pouvoir, en recueillant convenablement les produits de cette distillation, obtenir de l'acide à tous les degrés de concentration, et c'est ce que l'expérience confirme pleinement.

J'ai introduit une certaine quantité de persulfate de fer desséché, comme je l'ai indiqué précédemment, dans une cornue de verre bien lutée, dont j'ai allongé ensuite le bec à la lampe; je l'ai recourbé de manière à ce qu'il plongeât dans une éprouvette contenant de l'eau distillée; j'ai chauffé pour décomposer le sulfate de fer, et lorsque l'opération a été terminée, j'ai retiré de l'éprouvette une liqueur acide qui marquait 20° à l'aréomètre de Baumé. J'ai répété plusieurs fois cette expérience en faisant toujours passer les vapeurs dans le même liquide, et au bout d'un certain nombre d'opérations j'obtins un acide extrêmement fumant, semblable à l'acide sulfurique de Nordhausen, à la couleur près. Il est évident que si l'on avait pour but d'obtenir seulement l'acide sulfurique ordinaire, l'on pourrait prendre la liqueur acide à 40 ou 50°, et la concentrer par l'évaporation jusqu'à 66°. Le liquide ainsi obtenu ne diffère en rien de l'acide sulfurique que l'on prépare dans les chambres de plomb

par la combustion du soufre : cependant il est évident que ce procédé est trop dispendieux pour être jamais employé, et c'est sans doute ce qui l'a fait abandonner depuis long-temps.

Par le même motif d'économie il conviendrait mieux, lorsqu'on veut faire de l'acide de Nordhausen, de recevoir le produit de la distillation du sulfate de fer directement dans de l'acide sulfurique à 66°.

Lorsque l'on opère en grand il se présente une difficulté, parce que si l'on cherche à faire passer le produit de la distillation au travers de l'acide sulfurique ordinaire, la pression que l'on est obligé de faire subir à la vapeur favorise son action corrosive sur les luts et sur les bouchons, de sorte qu'aucun ne peut résister. D'une autre part, si l'on n'emploie point la pression, comme il se dégage en même temps que l'acide sulfurique du gaz oxigène et de l'acide sulfureux qui ne se condensent point, ils entraînent avec eux une grande portion du premier.

Pour obvier autant que possible à cet inconvénient, il faut faire en sorte que les vapeurs se dégagent par un orifice étroit, et multiplier leurs points de contact avec l'acide. Pour cela, j'adapte à la cornue qui contient le sulfate de fer une allonge dont l'extrémité est un peu effilée; à cette allonge j'adapte un ballon à pointe et à celui-ci un ballon tubulé. Je divise ensuite dans ces différens récipiens l'acide à saturer. En opérant de la sorte sur 2 kilogrammes de sulfate de fer desséché, j'ai converti 750 grammes d'acide sulfurique ordinaire en un kilogramme d'acide sulfurique très-fumant.

Lorsqu'on fait passer un grand excès de vapeurs sul-

furiques sur l'acide ordinaire pour l'avoir aussi concentré que possible, l'on parvient à l'obtenir cristallisé à la température ordinaire en beaux cristaux transparens très-fumans. Il est difficile de connaître exactement la pesanteur spécifique de ces cristaux ; mais j'ai pris celle du liquide qui les surnage, et je l'ai trouvée égale à 1,907. Cependant je la crois inférieure à ce qu'elle serait réellement si cet acide ne contenait pas une certaine quantité d'acide sulfureux ; car j'ai remarqué que la présence de l'acide sulfureux dans l'acide sulfurique en diminue la densité : c'est ce qui résulte de l'expérience suivante :

J'ai mis dans un flacon de l'acide sulfurique ordinaire à la densité de 1,845 ; j'ai versé par-dessus de l'acide sulfureux liquide et anhydre ; j'ai agité légèrement les deux liqueurs : une portion de l'acide sulfureux s'est dissoute, et le reste est demeuré à la surface sans se mêler à l'acide sulfurique : cependant, par une agitation plus prolongée, une portion de l'acide sulfureux s'est interposée dans l'acide sulfurique, et lui donnait de l'opacité comme le ferait une huile relativement à l'eau ; mais par le repos l'acide sulfureux a gagné la partie supérieure et la liqueur s'est éclaircie. Après cette opération, l'acide sulfurique avait une forte odeur d'acide sulfureux ; il avait diminué de densité et ne répandait point de vapeurs blanches.

Cette observation sur la diminution de densité rend raison d'une anomalie que présente quelquefois l'acide de Nordhausen : en effet, on rencontre souvent dans le commerce de cet acide qui n'a pas une densité supérieure à l'acide ordinaire, et qui pourtant fume sensi-

blement. Cela tient à ce que, d'une part, il ne contient qu'un petit excès d'acide sulfurique anhydre, et que, de l'autre, il contient beaucoup d'acide sulfureux : or, ces deux causes, agissant en sens inverse relativement à la densité du composé, se compensent dans cette circonstance : cependant, en général, la densité dépendra de l'excès de l'un de ces deux effets sur l'autre; mais comme l'acide sulfurique n'admet, même à l'état de simple mélange, qu'une faible quantité d'acide sulfureux relativement à ce qu'il admet d'acide sulfurique anhydre, la densité doit, lorsque l'acide est un peu concentré, être supérieure à 66°. Elle peut aller jusqu'à 68°.

Quoique l'acide sulfurique fumant ne soit pas très-employé, il est probable qu'on en multiplierait beaucoup l'usage si l'on pouvait se le procurer à un prix moins élevé; car il possède des propriétés très-précieuses, surtout pour les fabricans de toiles peintes, et pour la teinture en général, puisqu'il dissout une quantité d'indigo beaucoup plus grande que l'acide ordinaire, et fort supérieure à son rapport d'acidité; et comme, dans beaucoup de circonstances, on ne peut pas employer cette dissolution acide d'indigo à cause de l'action qu'elle exerce sur les étoffes ou sur les autres couleurs, on la transforme en acétate d'indigo (dissolution d'indigo dans l'acide acétique) en y versant de l'acétate de plomb jusqu'à précipitation complète de l'acide sulfurique. L'on conçoit qu'il doit être extrêmement avantageux de dissoudre la plus grande quantité possible d'indigo dans une quantité déterminée d'acide.

Il résulte de tout ce que nous venons d'exposer :

1°. Que l'acide sulfurique de Nordhausen n'est que

de l'acide ordinaire contenant une certaine quantité d'acide anhydre, à laquelle il doit les propriétés qui le caractérisent; que l'acide sulfureux n'y est qu'accidentel et n'influe pas essentiellement sur ses propriétés;

2°. Que cet acide anhydre peut être séparé par la distillation, et qu'il jouit, entre autres propriétés remarquables, de celle de dissoudre l'indigo en rouge;

3°. Que tous les sulfates décomposables par la chaleur donnent de l'oxigène, de l'acide sulfureux et de l'acide sulfurique, qui est essentiellement caractérisé par les vapeurs blanches qui se produisent pendant la décomposition;

4°. Que tous ces sulfates peuvent servir à la préparation de l'acide sulfurique ordinaire et à celle de l'acide sulfurique fumant, au moyen du procédé que nous avons indiqué.

Quelques Remarques *sur un Mémoire de M.* T. Forster *relatif aux Forces réflective, réfractive et dispersive de l'atmosphère, qui a été lu à la Société météorologique de Londres, en février et mars* 1824.

Il n'est pas, dit-on, dans le monde, de pays où l'on imprime autant d'ouvrages de science qu'en Angleterre. Je n'ai ni le desir ni les moyens de contester cette assertion; mais si je voulais soutenir que, sauf d'honorables exceptions, les savans anglais ne se donnent point la peine de lire les livres qu'on leur fournit en si grande abondance, je crois vraiment que les recueils périodiques

de Londres fourniraient d'assez bons argumens pour appuyer cette thèse, quelque paradoxale qu'elle puisse paraître.

Ces réflexions m'ont été suggérées par le Mémoire de M[r] T. Forster. Ce physicien a *découvert* que les étoiles, quand on les observe près de l'horizon, présentent *de rapides altérations de couleur et d'éclat*. Le fait est exact et très-curieux; mais est-ce bien M. Forster qui l'a reconnu le premier ? On n'ose presque pas le révoquer en doute depuis qu'on a vu une Académie en corps accorder à M. Forster une autorisàtion toute spéciale pour que son écrit, qui ne devait paraître que dans le Recueil des Mémoires qu'elle a l'intention de publier, vînt plus promptement à la connaissance des observateurs. Il est cependant bien certain que les changemens de couleur qui accompagnent la scintillation ont été signalés par Keppler, par Galilée, par Descartes, etc. Je me hâte d'ajouter, sans cela ma réclamation ne serait peut-être pas admise, que plusieurs auteurs anglais, Hook (*Micrographie*), Michell (*philos. Trans.*, LVII), Melville, Priesley (*Hist.*, 497), etc. en ont aussi longuement parlé. Voici les propres paroles de Hook :

« Il est remarquable que les étoiles près de l'horizon » changent fréquemment de couleur, de manière qu'on » les voit tantôt rouges, tantôt plus jaunâtres, quelque» fois bleues, et cela alors même qu'elles sont parvenues » à d'assez grandes hauteurs. » (*Microg.*, p. 218.)

Si M. Forster n'a pas découvert ce phénomène, c'est à lui, *sans doute*, que doit appartenir la découverte du moyen qu'il indique de le rendre sensible quand on observe les étoiles avec des télescopes !

« Je poussai, dit-il, l'oculaire de ma lunette de ma-» nière que les rayons le rencontrassent avant de se » réunir au foyer. » Sur l'image dilatée qu'on obtenait ainsi, les changemens de couleur s'apercevaient plus commodément.

Voici maintenant ce que je trouve dans le *Journal* de Nicholson, 1813, tome XXXIV, page 116 :

Quand on a dépassé le foyer d'une lunette, « l'image » élargie d'une étoile a un tel degré de vacillation qu'on » croirait voir un certain nombre de disques passer suc-» cessivement les uns devant les autres. Ces disques sont » de couleurs différentes, et l'illumination paraît venir » de divers côtés. Du bleu, du bleu d'acier, du vert, la » teinte du cuivre brillant, du rouge et du blanc sont » les couleurs les plus fréquentes. »

Ces couleurs se superposent et doivent conséquemment s'affaiblir ; M. Forster recommande, pour éviter cet effet, de donner à la lunette un petit mouvement de vibration : l'étoile devient alors une longue ligne lumineuse dont les diverses parties présentent des couleurs variées et très-vives.

Je suis presque tenté de laisser croire que M. Forster est ici sur son propre terrain. Si je transcris quelques lignes de plus, on n'admettra probablement point le reproche que je faisais à certains auteurs anglais de ne pas se donner la peine de lire les ouvrages de leurs devanciers, et l'on trouvera plus naturel, peut-être, d'admettre qu'ils ont horreur des citations. Toute réflexion faite, je me résigne à cet inconvénient, et j'emprunte encore le passage suivant au tome XXXIV (année 1813) du *Journal* de Nicholson :

« Après avoir dirigé une petite lunette sur Sirius, dit » M. Nicholson, l'oculaire étant à la distance de la vision » distincte, je frappai légèrement et à coups redoublés » le tube avec les doigts de la main droite; l'image de » l'étoile dansait dans le champ de la vision, et produi- » sait ainsi une ligne lumineuse semblable à la trainée » continue que donne un charbon enflammé qui se meut » rapidement dans une courbe. A chaque secousse, » l'étoile décrivait une ligne rentrante, mais si irrégu- » lièrement contournée que jamais deux de ces lignes » successives ne coïncidaient entr'elles. Je donnais en- » viron dix coups par seconde ; les courbes étaient » teintes des plus vives couleurs dans leurs diverses par- » ties : les plus remarquables de ces couleurs étaient le » bleu verdâtre, le bleu d'acier, le marron ou couleur » de cuivre très-intense; et il m'a semblé que, terme » moyen, chacune d'elles pouvait occuper un tiers ou un » peu moins de l'étendue totale de la courbe. La lumière » de Sirius changeait donc distinctement de couleur avant » d'arriver à l'œil, au moins trente fois par seconde. »

M. Nicholson disait, dans son Mémoire, qu'il n'avait trouvé dans aucune propriété connue de l'atmosphère les moyens d'expliquer ces phénomènes; M. Forster « imagine qu'il peut y avoir dans les parties supérieures » de l'air une sorte de mouvement ondulatoire, et que » les couleurs alternatives résultent de leur pouvoir ré- » fractif; car l'atmosphère, agissant alors comme un » prisme imparfait, peut envoyer à l'œil différentes » couleurs, suivant les inclinaisons diverses que doit » prendre la surface onduleuse. »

Nos deux auteurs, même sur ce dernier point, sont

plus d'accord qu'on ne le penserait au premier coup-d'œil, et leur contradiction n'est qu'apparente; car si, d'une part, M. Nicholson avoue ingénuement que les changemens de couleur des étoiles lui paraissent inexplicables, M. Forster fait plus encore, puisqu'il donne une explication complètement inadmissible et qui ne satisfait à aucune des circonstances du phénomène. Qui ne voit, pour me borner à une seule objection, que si l'atmosphère pouvait, par un effet prismatique, amener successivement et séparément à l'œil les rayons de diverses couleurs dont se compose la lumière blanche des étoiles, on apercevrait ces astres dans le champ des lunettes, sous la forme de spectres extrêmement allongés, et non pas avec un disque à-peu-près rond.

Je n'ose espérer, après le peu d'attention que M. Forster a donné aux travaux de ses propres compatriotes, qu'il consentira à jeter les yeux sur le Mémoire d'un étranger; je l'engagerai toutefois à examiner, dans les nouvelles dissertations qu'il promet, si, comme M. Arago l'a avancé depuis plusieurs années, la scintillation, avec tous les changemens d'intensité et de couleur qu'on y a remarqués, ne serait pas simplement un effet de l'*interférence* des rayons lumineux. Si, enfin, les remarques qui précèdent ne le déterminaient pas à abandonner l'explication qu'il a adoptée, je l'inviterais à essayer de rendre compte, par ses petits prismes atmosphériques, des phénomènes que voici :

Quand on place devant l'objectif d'une lunette astronomique une ouverture circulaire d'un certain diamètre, d'un pouce, par exemple, les images des étoiles au foyer sont rondes, bien terminées et entourées d'une

série d'anneaux lumineux, très-minces et très-serrés. L'éclat de ces anneaux varie incessamment sur les diverses parties de leurs contours : souvent, en quelques points, il y a disparition totale.

Tout restant dans le même état, si l'on enfonce peu à peu l'oculaire, on verra l'image de l'étoile se dilater graduellement, et bientôt une tache noire, ronde, tranchée, un véritable trou obscur se formera dans le centre. La distance du foyer à laquelle l'on observera cette tache variera avec l'ouverture du diaphragme.

Un nouveau mouvement de l'oculaire, dans le même sens, amènera d'abord la dilatation de la tache obscure et ensuite la naissance d'un petit disque lumineux qui en occupera le milieu. L'étoile alors, en allant du centre vers la circonférence, sera ainsi composée : disque lumineux, large anneau obscur, large anneau lumineux. Dans une troisième position de l'oculaire plus voisine encore de l'objectif, le centre de l'image sera obscur ; à l'anneau large et brillant qui entourera ce centre succédera un anneau sombre, suivi à son tour d'un anneau lumineux; etc.

Tout le monde savait que par un simple déplacement de l'oculaire d'une lunette, on peut donner à l'image confuse d'une étoile des dimensions de plus en plus considérables ; mais j'ignore si on avait remarqué que pendant ce déplacement le centre de l'image devient périodiquement un disque obscur et lumineux, circulaire et bien terminé.

Voici la circonstance par laquelle ce phénomène non-seulement se rattache à celui de la scintillation, mais pourrait même en fournir une espèce de mesure.

Supposons, pour un moment, que l'oculaire de la lunette soit dans une de ces positions où le centre de l'image de l'étoile, encore tout-à-fait obscur, est près de devenir lumineux. Si l'étoile ne scintille point, la forme de son image reste constante; quand l'étoile scintille légèrement, un petit point lumineux apparaît de temps en temps au milieu de la tache noire, comme si, dans cet instant, on avait légèrement enfoncé l'oculaire. Lorsque la scintillation est fréquente, les changemens de cette espèce sont continuels.

Toutes ces circonstances découlent très-simplement de l'explication du phénomène que M. Arago a donnée; il devient alors inutile d'admettre des séparations prismatiques de couleurs; il suffit de supposer qu'il y a des différences extrêmement légères entre les densités ou les températures des diverses couches atmosphériques traversées par les rayons qui parviennent à l'œil : or, il faudrait n'avoir jamais réfléchi sur les effets des courans ascendans pour refuser de reconnaître que de telles différences doivent presque toujours exister, surtout à peu de hauteur au-dessus de l'horizon.

Je n'ajoute plus qu'un mot pour terminer : j'ai indiqué le mouvement de l'oculaire vers l'objectif comme un moyen de faire naître successivement au centre de l'image d'une étoile des taches obscures et lumineuses; en éloignant l'oculaire de l'objectif, on observe des phénomènes analogues; mais ils ont moins de netteté et sont compliqués de quelques effets de coloration. M. Breswter avait annoncé, dans son *Traité sur les Instrumens astronomiques*, que les *images circulaires* des étoiles, ou les sections faites dans les cônes de rayons qui se réunissent

au foyer d'une lunette, ne sont jamais aussi distinctes ni aussi bien définies au-delà de ce foyer qu'avant le croisement de la lumière; je rappelle les observations du physicien écossais pour faire remarquer qu'elles n'ont aucun rapport avec celles qui précèdent : il parle, en effet, du *contour* de l'image, et j'ai seulement voulu porter l'attention du lecteur sur les modifications qu'éprouve *son centre*.

EXTRAIT *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du lundi 10 *mai* 1824.

M. le D[r] Lassis adresse quelques éclaircissemens au sujet du Mémoire qu'il avait lu dans une des précédentes séances.

Le Ministre de la Marine transmet de nouvelles Tables logarithmiques manuscrites de M. Bagay, et invite l'Académie à les faire examiner.

M. le maréchal duc de Raguse lit un Rapport su sujet des expériences qui ont été faites à Brest, sur les effets des nouvelles armes proposées par M. Paixhans.

Le canon à bombes dont on a fait l'essai était du calibre de *huit* pouces. Le but était un vieux vaisseau de 80 canons; *chacun* des coups y a produit un ravage qui l'eût certainement empêché de continuer le combat. La portée constante de la nouvelle arme tirée avec dix livres de poudre, a été de beaucoup supérieure à celle d'un canon de 36 tiré avec douze livres sous des angles pareils La Commission a été unanime sur les immenses

avantages que produirait dès à présent l'adoption de cette bouche à feu dans la défense des côtes, et dans les batteries flottantes placées à l'entrée des rades; elle est également convaincue qu'on parviendra à l'installer sans inconvénient à bord des bâtimens; ce qui aurait pour effet d'établir une sorte d'équilibre entre les navires de différentes grandeurs.

M. Permon, de Lyon, envoie un Mémoire *sur la Cause du méphitisme des marais.*

M. Percy communique des Observations sur un jeune sourd-muet de naissance, nommé *Trezel*, auquel le Dr Deleau a rendu l'ouïe et la parole.

M. Cuvier fait un rapport verbal sur plusieurs Mémoires qui avaient été présentés en manuscrit, mais que les auteurs ont depuis fait imprimer. Ces Mémoires sont ceux de M. Flourens *sur les Fonctions des diverses parties du système nerveux*; ceux de M. Desmoulins *sur les Rapports anatomiques du même système*; enfin, le Mémoire de M. Bailly intitulé : *Traité d'Anatomie et de Physiologie comparées du système nerveux dans les quatre classes d'animaux vertébrés.*

M. Dulong lit l'Extrait d'une Lettre de M. Berzelius que nous avons déjà imprimé dans ce volume, page 39.

M. Audouard donne lecture d'un Supplément à ses Considérations *sur l'Origine et la cause de la fièvre jaune.*

Séance du lundi 17 mai.

M. de Castel-Bajac demande que l'Académie s'occupe de l'instruction relative aux machines à feu à haute pression.

M. Vicat adresse un Mémoire *sur un Mouvement périodique observé aux voûtes du pont de Souillac*; M. Bonnemaison, pharmacien à Quimper, un ouvrage manuscrit *sur les Hydrophytes loculées qui croissent en France*; M. le baron Blin, une Note *sur la Détermination exacte des résonnances graves de deux sons donnés*.

L'Académie entend les rapports de plusieurs Commissions qu'elle avait chargées, ou de proposer des sujets de prix ou de les décerner.

M. Vauquelin, au nom d'une Commission, lit un Rapport *sur l'Analyse que M. Payen a faite des racines de topinambour*. (Voyez, à ce sujet, le Cahier de mai, page 98.)

M. Geoffroy Saint-Hilaire fait un rapport sur le Mémoire de M. Bailly *relatif aux filets pêcheurs de la baudroye*.

Il commence par rappeler qu'Aristote connaissait déjà les habitudes de cet animal. Voici le passage du prince des naturalistes : « C'est une sorte de grenouille qu'on » appelle *le pêcheur*..... Elle doit ce nom à l'industrie » merveilleuse qu'elle déploie pour se procurer de la » nourriture; car elle a au-devant des yeux des appen- » dices qui s'allongent à la manière des poils, et qui, » évasés à l'extrémité, forment comme de doubles appâts » qu'elle porte avec elle. Après avoir troublé, soit la » vase, soit le sable, elle s'y cache et élève ces appen- » dices; les petits poissons venant à les saisir, elle les » approche de sa bouche. »

La baudroye pêche à la ligne, dit Plutarque; « car » elle jette de son col un boyau en manière de ligne

» qu'elle étend au loin, le lâchant et le retirant à soi » tout entièrement quand elle veut. Quand donc elle » aperçoit auprès d'elle quelques petits poissons, elle » leur laisse mordre le bout de ce petit boyau, étant » elle cachée derrière le sable ou dedans la vase; puis » petit à petit elle le retire, jusqu'à ce que le poisson » soit si près d'elle qu'en sautant elle le puisse en» gloutir. » (*Trad. d'Amyot.*)

Ce sont ces filets pêcheurs, comme les appelle l'auteur, qui ont fait le sujet de ses recherches; il en fixe la nature et décrit leur support général. M. Bailly dit que le troisième filet est directement articulé avec l'occipital : le rapporteur ne le croit pas et présente en détail ses objections. La description des muscles qui opèrent les divers mouvemens des filets est très-satisfaisante, et montre que les anciens ne s'étaient pas trompés sur les usages auxquels cet appareil est destiné.

Un animal aussi vorace que la baudroye ne trouverait pas dans la *pêche* de quoi suffire à ses besoins. M. Geoffroy décrit les autres habitudes de ce singulier poisson, et conclut à ce que le Mémoire de M. Bailly soit inséré dans le *Recueil des Savans étrangers*, publié par l'Académie.

La Section de Physique présente, en comité secret et sur la même ligne, MM. Ampère et Fresnel, comme candidats à la chaire de physique, vacante au Collége de France.

Divers membres proposent d'ajouter à la liste MM. Pouillet, Beudant, Despretz et Savart.

Le mérite de ces divers candidats est discuté : on procédera à l'élection dans la prochaine séance.

Note *relative au Mémoire sur la Chaleur rayonnante, inséré dans le Cahier précédent.*

Par M. Poisson.

On pourrait objecter contre la démonstration que j'ai donnée de l'égalité de température de tous les points d'un espace fermé, que la série

$$n+n'(1-n)+n''(1-n)(1-n')+n'''(1-n)(1-n')(1-n'')+\text{etc.}$$

prolongée à l'infini, n'est pas égale à l'unité, lorsque les quantités n, n', n'', n''', etc., à partir de l'une d'entre elles, forment une suite dont les termes diminuent continuellement, et finissent par différer de zéro d'une quantité plus petite qu'aucune quantité donnée. En effet, en retranchant cette série de l'unité, le reste est un produit d'un nombre infini de facteurs, savoir :

$$(1-n)(1-n')(1-n'')(1-n''')\ \text{etc.};$$

or, dans le cas que nous venons de dire, ce produit peut avoir une valeur finie; et il y a effectivement un grand nombre d'exemples de quantités, telles que le sinus et le cosinus, qui sont ainsi décomposables en produits d'une infinité de facteurs convergens vers l'unité. Mais ce cas d'exception ne saurait avoir lieu dans la question dont je me suis occupé; car l'espace fermé que j'ai considéré, étant un espace d'une étendue finie, il y a nécessairement un ou plusieurs points de ses parois dans lesquels l'émission de la chaleur est moindre que dans tous les autres points, de sorte que les quantités n, n', n'', n''', etc. ne peuvent décroître indéfiniment : désignant donc par m la plus petite d'entre elles, ou une quantité plus petite qu'elles toutes, et par s le nombre des facteurs du produit précédent, la valeur de ce produit sera toujours moindre que la puissance :

$$(1-m)^s,$$

laquelle est nulle à la limite $s=\infty$.

Il serait possible que toutes les quantités n, n', n'', n''', etc., à partir de l'une d'elles, fussent rigoureusement égales à zéro; ce serait le cas mathématique dans lequel les parois de l'espace fermé seraient composées de deux parties, dont l'une, entièrement privée de la faculté d'émettre et d'absorber la

chaleur, n'aurait en outre, d'après sa forme, aucune communication par réflexion avec l'autre partie : dans cette hypothèse, qu'on ne pourrait réaliser physiquement, la température ne serait pas la même en tous les points de l'espace fermé, et elle dépendrait de la forme et de la nature de ses parois.

J'ai remarqué, à la fin du § 1[er] de ce Mémoire, que la démonstration qu'il contient ne subsiste plus lorsque la loi de la réflexion et de l'absorption de la chaleur rayonnante vient à changer, à raison de l'élévation de température de la source dont elle émane; ce qui paraît avoir lieu dans le cas de la chaleur polarisée. Alors la chaleur reçue par un point d'un espace fermé, dans une direction déterminée, n'est plus une quantité constante; mais il se pourrait que la totalité de la chaleur que ce point reçoit dans toutes les directions fût encore la même pour tous les points de cet espace, et, par conséquent, que la température y fût partout la même, comme dans le cas ordinaire; proposition qui, si elle est vraie, serait très-difficile à établir indépendamment de la forme de l'espace fermé et de la nature de ses parois. Il se pourrait aussi que la loi de l'émission de la chaleur rayonnante changeât, dans le cas des très-hautes températures, en même temps que la loi de l'absorption, et que ce double changement fût tel que la chaleur reçue par chaque point de l'espace fermé demeurât la même dans chaque direction particulière. En général, si l'on admet comme un fait d'expérience l'égalité de température en tous les points d'un espace terminé de tous côtés par une enceinte de forme et de nature quelconques, ce fait établit une relation nécessaire entre les lois de l'émission et de l'absorption de la chaleur par les points de cette enceinte, laquelle relation subsisterait peut-être pour une infinité de lois différentes : la proposition que j'ai démontrée consiste en ce que cette relation a effectivement lieu dans le cas ordinaire, où l'intensité de l'émission suit la loi du cosinus de l'inclinaison, et où la fraction de la chaleur absorbée est proportionnelle, dans chaque direction, à la quantité de chaleur émise, l'absorption complète répondant au *maximum* de l'émission.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	MIDI. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	THERMOMÈTRE. maxim.	minim.	ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
1	751,27	+18,5	87	751,19	+19,4	92	752,11	+21,4	71	755,87	+15,8	98	+21,4	+14,3	Très-nuageux.	S.
2	759,60	+16,3	95	760,33	+20,0	88	760,16	+21,3	67	760,50	+13,5	88	+21,3	+14,7	Couvert.	O.
3	758,39	+22,5	79	757,33	+25,0	71	756,22	+18,5	91	755,95	+15,8	99	+25,0	+11,0	Très-nuageux.	S. E.
4	755,76	+19,8	72	755,49	+20,0	67	755,46	+20,4	67	756,07	+15,8	91	+20,5	+11,0	Très-nuageux.	S. O.
5	754,78	+18,1	92	754,27	+21,4	85	753,41	+22,0	85	753,49	+16,8	92	+22,0	+13,5	Très-nuageux.	S. O.
6	752,51	+21,2	73	752,22	+21,8	78	752,29	+20,0	78	753,26	+15,1	99	+21,8	+13,5	Éclaircies.	S. S. O.
7	755,96	+20,2	78	756,15	+20,8	73	756,36	+19,0	80	757,31	+14,9	94	+20,8	+14,5	Très-nuageux.	S. O.
8	758,21	+20,0	84	757,52	+23,5	69	756,95	+23,0	68	756,23	+17,0	93	+23,5	+12,1	Couvert.	O. S. O.
9	754,24	+20,5	91	754,72	+21,8	90	754,31	+21,0	94	754,90	+17,0	99	+21,8	+17,0	Pluie.	O.
10	756,79	+18,8	73	756,82	+21,3	69	756,12	+23,0	67	754,64	+18,0	91	+23,6	+12,5	Nuageux.	O. S. O.
11	754,05	+24,5	78	754,00	+27,1	68	753,45	+27,8	62	752,93	+21,3	88	+27,8	+15,1	Légers nuages.	S. O.
12	753,72	+21,6	95	753,32	+25,8	83	752,71	+20,5	99	755,27	+18,5	99	+25,8	+17,8	Couvert.	O.
13	756,26	+21,8	84	755,49	+23,1	77	755,76	+19,1	76	756,27	+13,9	99	+23,1	+13,9	Couvert.	S. O.
14	759,77	+18,0	81	760,01	+20,3	71	760,16	+20,6	62	760,68	+15,0	90	+20,6	+12,3	Très-nuageux.	O.
15	758,43	+18,8	78	756,67	+21,4	74	755,27	+19,6	80	748,35	+14,6	99	+21,4	+11,6	Couvert.	S. O.
16	755,30	+18,5	82	755,81	+21,1	72	756,21	+20,3	76	757,17	+15,0	98	+21,1	+13,0	Très-nuageux.	O.
17	755,83	+19,3	99	755,00	+25,1	82	753,92	+25,0	76	753,63	+18,5	92	+25,1	+15,9	Petite pluie.	O. S. O.
18	754,22	+20,6	75	753,80	+22,0	75	752,93	+21,4	72	752,85	+16,0	97	+22,5	+14,5	Très-nuageux.	S. O.
19	756,15	+18,0	86	756,27	+20,5	72	756,57	+20,1	71	756,27	+16,5	90	+20,5	+12,0	Nuageux.	S. O.
20	755,78	+19,1	94	756,32	+22,0	71	756,59	+21,5	74	757,40	+17,7	88	+22,3	+15,8	Très-nuageux.	S. O.
21	756,23	+18,3	92	755,63	+20,0	92	754,70	+20,5	82	755,05	+15,0	99	+20,5	+14,8	Couvert.	S. O.
22	756,18	+16,5	98	756,45	+18,6	81	757,16	+13,3	88	758,58	+12,5	97	+18,6	+12,5	Pluie par intervalles.	N.
23	758,49	+16,5	85	758,36	+15,8	95	758,01	+19,6	84	758,59	+14,5	98	+19,6	+ 9,5	Pluie fine.	O.
24	760,25	+17,8	87	760,07	+21,0	66	759,99	+21,3	55	761,24	+16,2	92	+21,3	+14,2	Nuageux.	N.
25	763,06	+18,9	80	762,87	+21,1	56	762,45	+21,8	60	763,14	+16,9	78	+21,8	+13,8	Nuageux.	N. E.
26	764,06	+19,1	69	763,13	+21,5	56	762,08	+22,3	54	762,13	+17,5	81	+22,3	+13,0	Petits nuages.	N. E.
27	760,71	+18,8	83	759,65	+21,3	63	758,54	+22,3	61	757,89	+19,8	79	+22,3	+12,8	Petits nuages.	E. N. E.
28	756,11	+20,0	86	755,70	+23,8	78	755,28	+24,5	75	755,28	+19,7	90	+25,0	+14,3	Petits nuages.	N. N. E.
29	756,50	+24,3	85	756,10	+28,0	74	755,44	+28,9	76	755,08	+21,0	91	+28,9	+15,0	Beau ciel.	S. S. O.
30	755,08	+23,5	86	754,69	+27,5	73	753,81	+28,5	65	753,65	+19,5	95	+28,5	+18,0	Ciel voilé.	E.
31	754,36	+23,8	85	754,25	+27,6	63	754,21	+28,8	56	755,47	+23,0	79	+28,8	+16,5	Beau ciel.	N.
1	755,75	+19,6	82	755,60	+21,5	78	755,34	+22,0	77	755,83	+16,0	94	+22,2	+13,4	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en centim.
2	755,95	+20,0	83	755,67	+22,8	75	755,36	+21,6	75	755,08	+16,7	94	+23,0	+14,2	Moyenn. du 11 au 20	Cour, 5,815
3	758,28	+19,8	85	757,90	+22,4	72	757,42	+22,9	69	757,83	+17,8	89	+23,4	+14,0	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 5,275
	756,71	+19,8	84	756,44	+22,2	75	756,09	+22,1	73	756,30	+16,8	92	+22,9	+13,9	Moyennes du mois, +18°,4.	

TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

FIN DE LA TABLE DU VINGT-SIXIÈME VOLUME.

ERRATA *pour le Cahier du mois de juin.*

Page 136, ligne 22 : au lieu de, AG, lisez, AE.

Page 141, ligne 20 : *au lieu de*, une perpendiculaire, *lisez*, la perpendiculaire AH.

Page 154, ligne 22 : au lieu de, $B = -\frac{\pi^2 y'}{g l'^3}$, lisez,

$$B = -\frac{\pi m^2 y'}{g l'^3}.$$

Page 155, ligne 16 : au lieu de, $-\frac{D i i' ds \sin. \varepsilon'}{2g}$, lisez,

$$-\frac{D i i' ds' \sin. \varepsilon'}{2}.$$

Même page, ligne 17 : au lieu de ds, lisez, ds'.

Même page, ligne 20 : au lieu de, $D = -\frac{1}{l'^2}$, lisez,

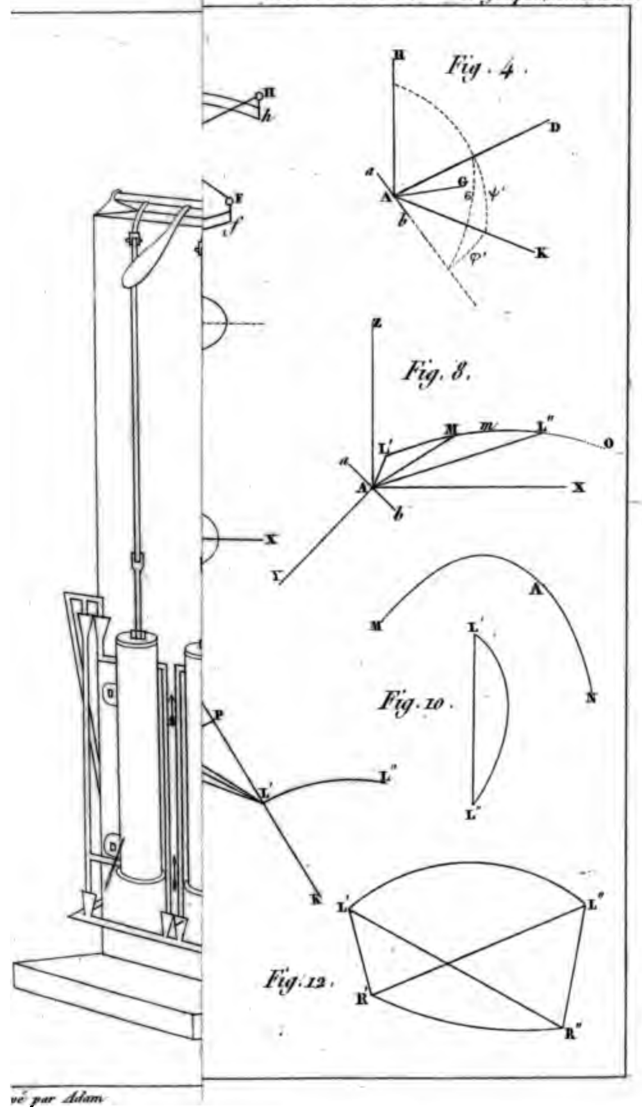
$$D = -\frac{\pi m^2}{g l'^2}.$$

Page 156, ligne 22 : au lieu de, ds, lisez, ds'; et au lieu de, l'^{12}, lisez, l''^2.

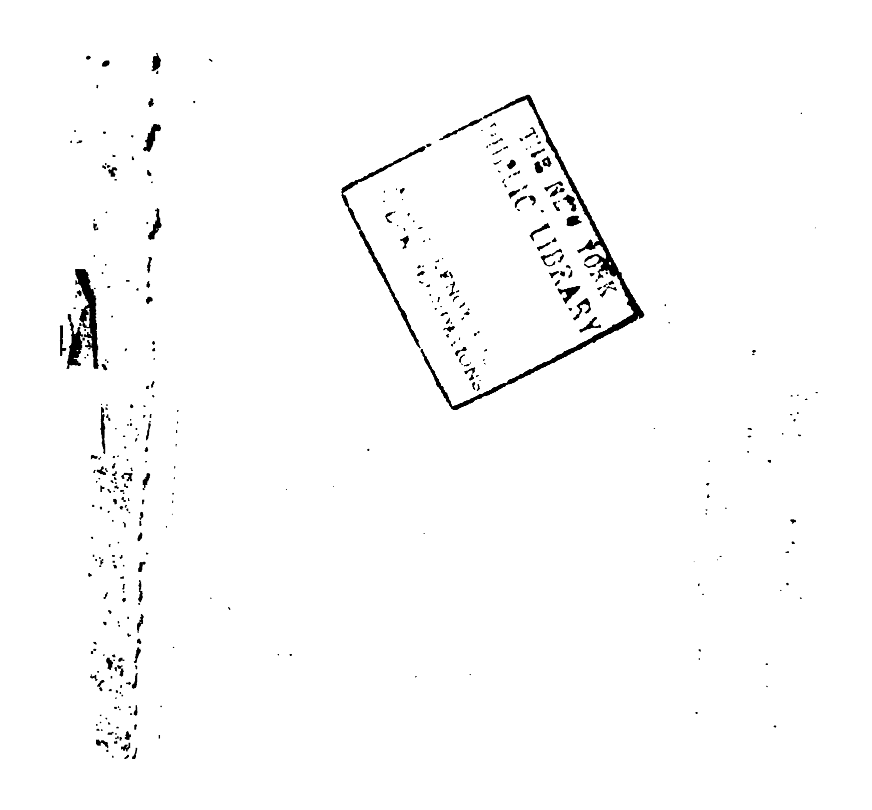
Page 268, ligne 10 : au lieu de, $E'K$, lisez, $L'K$.

Même page, ligne 14 : au lieu de, LK, lisez, $L'K$.

Page 184, ligne 14 : *après le mot*, acide, *ajoutez*, vers celui où il communique avec l'alcali.



vé par Adam



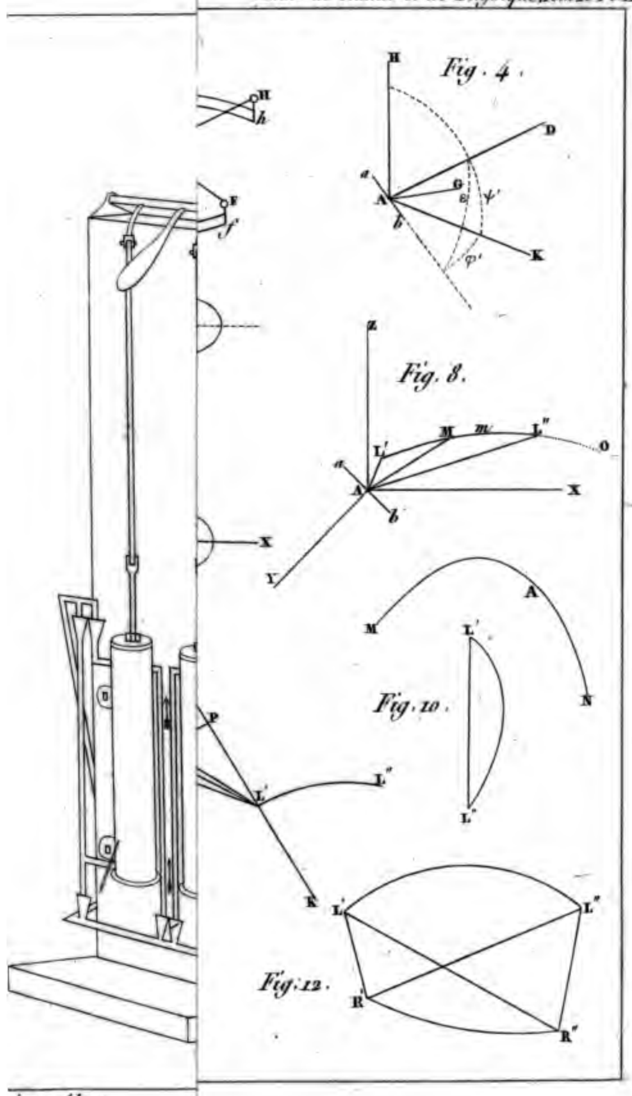
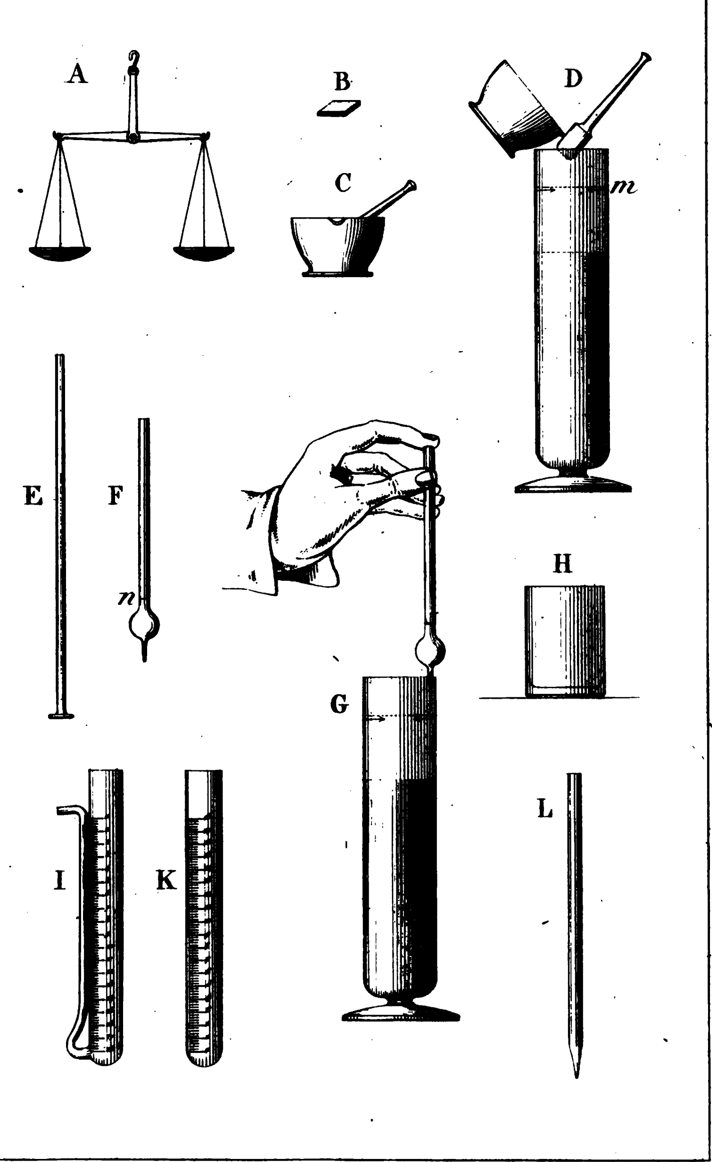


Fig. 4.
H
D
a
A
G
b
K
Fig. 8.
Z
L'
M
m
L''
O
X
Y
M
A
N
L'
Fig. 10.
L''
P
L'
L''
K
L'
L''
Fig. 12.
R'
R''
X
H
h
F
f

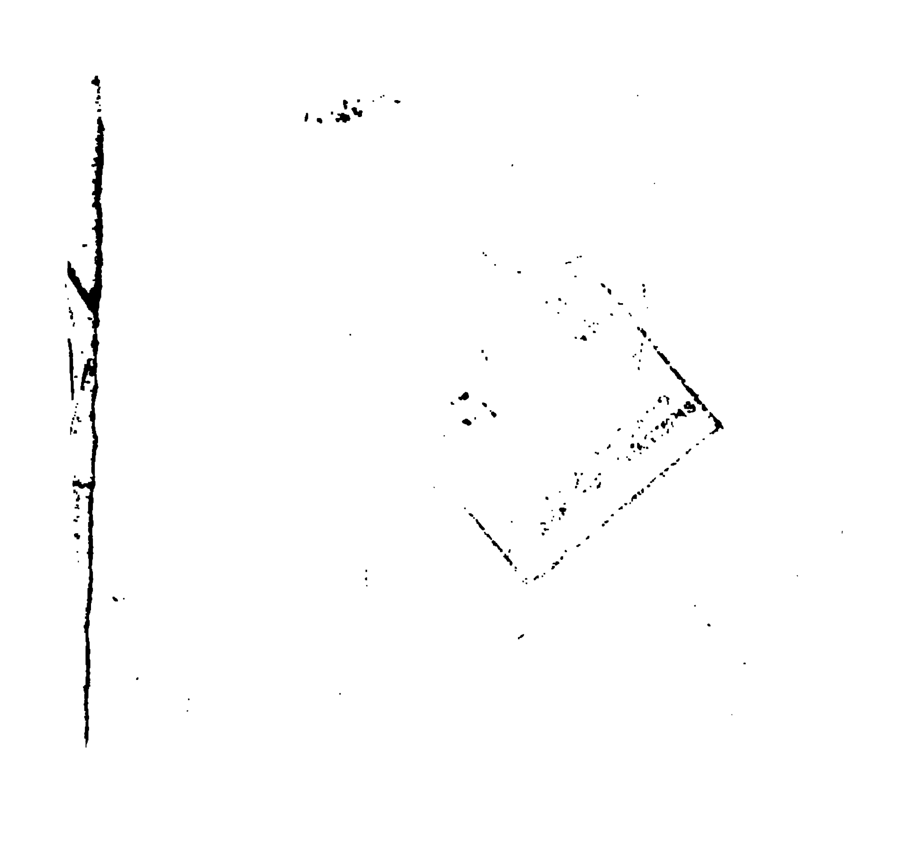
...é par Adam

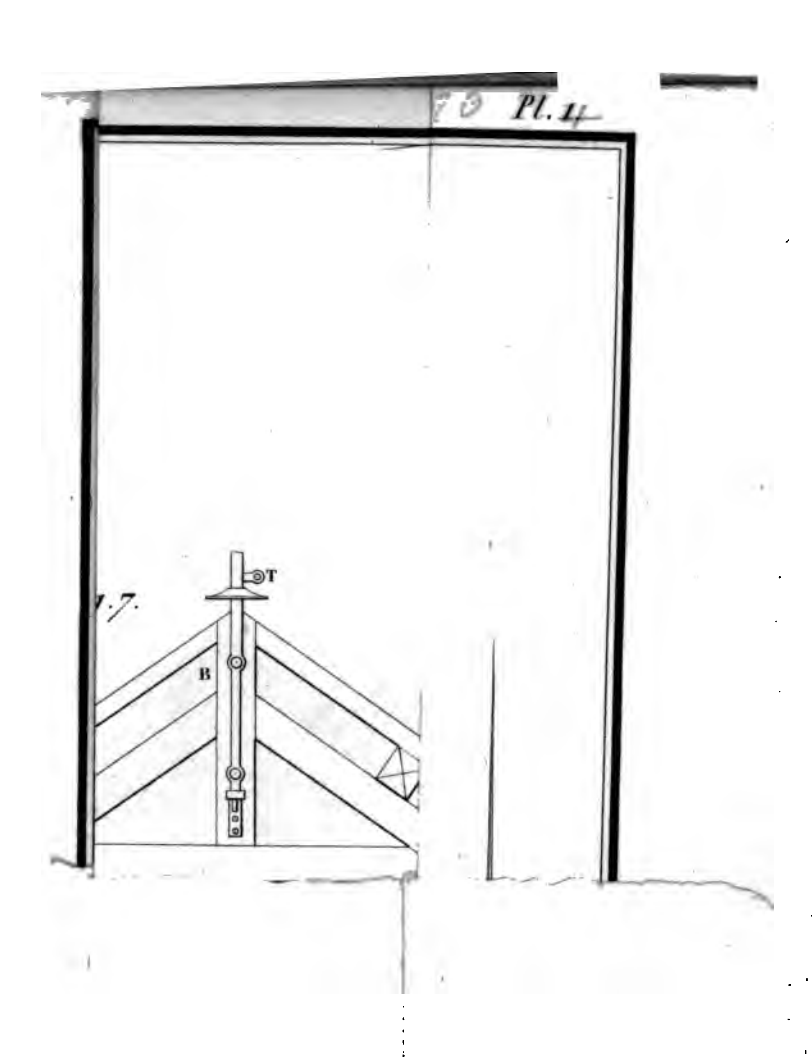


Chloromètre.

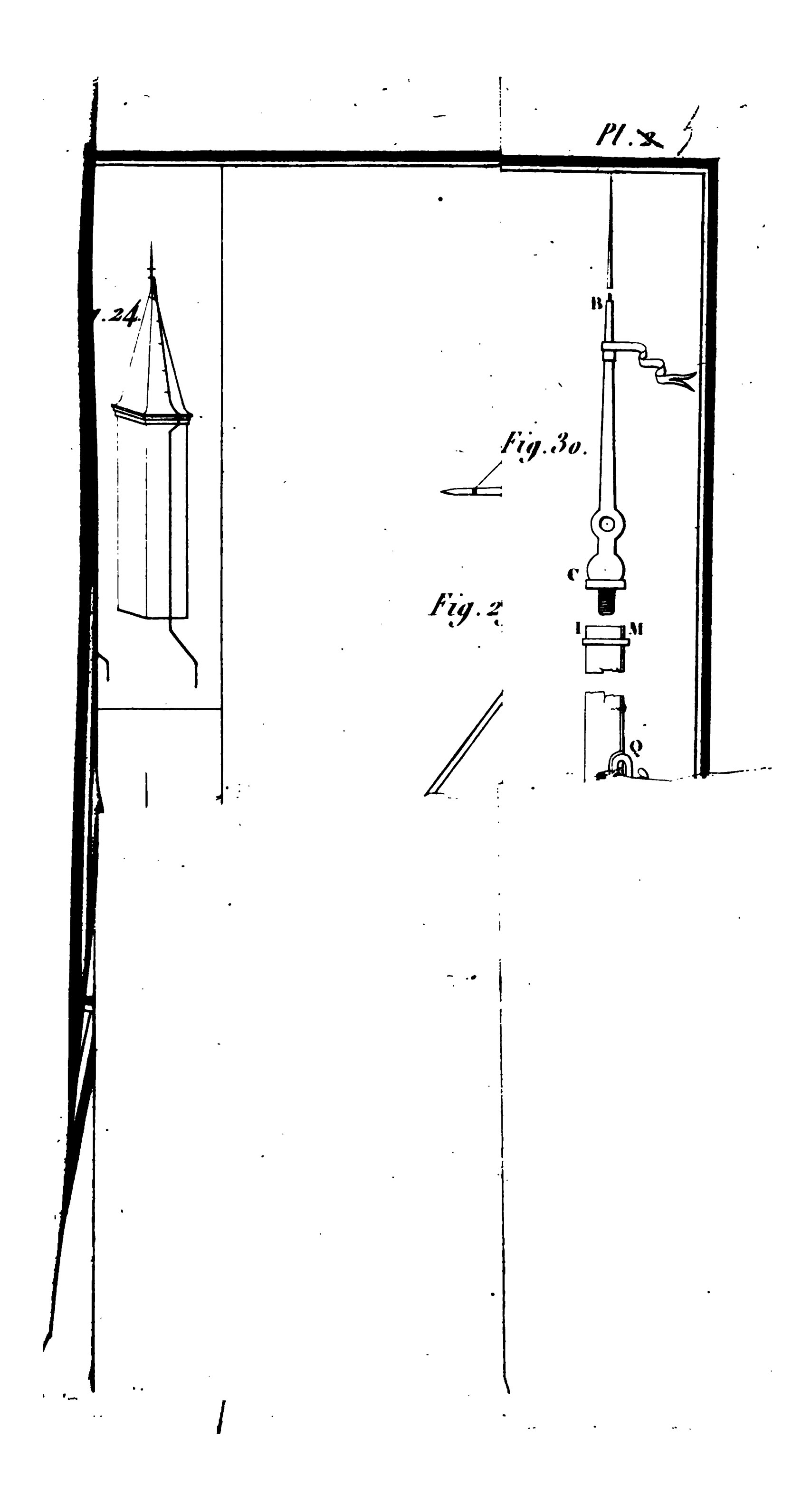


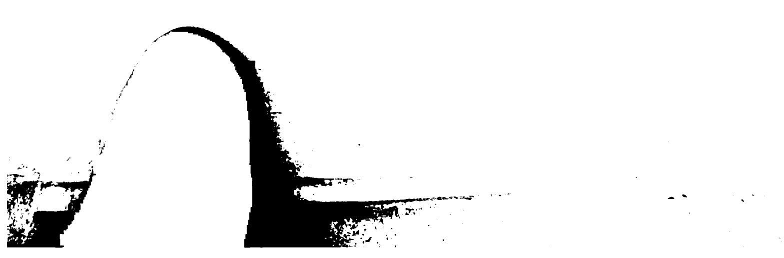
Le Blanc Sculp.

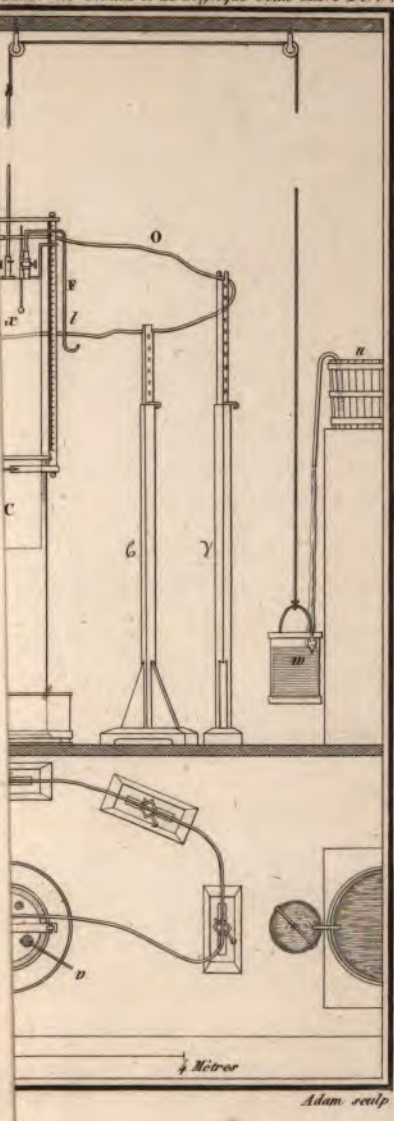



Pl. 4
T
B


PUBLIC LIBRARY


Pl. X
.24
Fig. 3o.
B
C
Fig. 2
I
M
Q





Adam sculp



